

N° D'ORDRE
829
Série A, N° 216

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR

C. PAGÈS

Vétérinaire-contrôleur du service de boucherie de Paris
Docteur en médecine

PREMIÈRE THÈSE

PHYSIOLOGIE

DE LA

MATIÈRE MINÉRALE DU LAIT

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

Soutenues le 26 juin 1894, devant la commission d'examen

MM. BONNIER, président.

DASTRE,

MUNIER-CHALMAS, } examinateurs.

PARIS.

IMPRIMERIE DES ÉCOLES

HENRI JOUVE

15, RUE RACINE, 15

1894



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552012_0006

N° D'ORDRE
829
Série A, N° 216

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR

C. PAGÈS

Vétérinaire-contrôleur du service de boucherie de Paris
Docteur en médecine

PREMIÈRE THÈSE

PHYSIOLOGIE

DE LA

MINÉRALE DU LAIT

DEUXIÈME THÈSE

ON DONNÉES PAR LA FACULTÉ

juin 1894, devant la commission d'examen

MM. BONNIER, président.
DASTRE,
MUNIER-CHALMAS, } examinateurs.

PARIS

IMPRIMERIE DES ÉCOLES

HENRI JOUVE

15, RUE RACINE, 15

1894

ACADÉMIE DE PARIS

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

MM.

DOYEN.....	DARBOUX.....	Géométrie supérieure.
PROFESSEURS	PASTEUR.	
HONORAIRES..	DUCHARTRE.....	Botanique.
	DE LACAZE-DUTHIERS...	Zoologie, anatomie, physiologie comparées.
	HERMITE.....	Algèbre supérieure.
	TROOST.....	Chimie.
	FRIEDEL.....	Chimie organique.
	TISSERAND.....	Astronomie.
	LIPPMANN.....	Physique.
	HAUTEFEUILLE.....	Minéralogie.
	BOUTY.....	Physique.
	APPELL.....	Mécanique rationnelle.
	DUCLAUX.....	Chimie biologique.
	BOUSSINESQ.....	Mécanique physique et expérimentale.
PROFESSEURS.	PICARD.....	Calcul différentiel et calcul intégral.
	POINCARÉ.....	Calcul des probabilités et physique mathématique.
	Y. DELAGE.....	Zoologie, anatomie, physiologie comparées.
	G. BONNIER.....	Botanique.
	DASTRE.....	Physiologie.
	DITTE.....	Chimie.
	MUNIER-CHALMAS.....	Géologie.
	GIARD.....	Zoologie, évolution des êtres organisés.
	WOLF.....	Astronomie.
PROFESSEURS	CHATIN.....	Zoologie, anatomie, physiologie comparées.
ADJOINTS.....	JOLY.....	Chimie.
	PELLAT.....	Physique.
SECRÉTAIRE..	FOUSSEREAU.	

A M. l'Ingénieur E. SOREL

PRÉFACE

Nous avons été conduit au présent travail par deux voies différentes : d'une part les modifications de la composition chimique du lait sous l'influence de l'espèce, de la race, de l'individu et du milieu nous intéressaient beaucoup, et si nous n'avons pas entrepris l'étude de la graisse, le plus variable de tous les principes immédiats contenus dans ce liquide, c'est uniquement parce que les procédés employés jusqu'ici pour séparer les divers glycérides qui la constituent, nous paraissaient insuffisants ; d'autre part, les recherches que nous avons faites en collaboration avec M. Arthus sur la caséification du lait nous montraient l'influence de la matière minérale sur cet important phénomène et en particulier le rôle des sels de chaux sur la formation et les propriétés du caséum.

Tout d'abord, notre intention était d'étudier seulement les variations de la matière minérale du lait sous l'influence de l'alimentation ; mais l'analyse des divers laits qui devait nécessairement précéder de pareilles recherches nous ayant donné des résultats parfois très différents de ceux qu'on avait obtenus jusqu'à ce jour, nous avons dû établir d'abors la composition minérale moyenne des laits produits par les principales femelles domestiques ; les raisons qu'on avait données de cette composition nous semblant insuffisantes, il convenait de

reprandre cet intéressant problème de physiologie générale.

Chemin faisant, nous avons constaté entre le lait des femelles jeunes et celui des femelles adultes de telles différences que l'évolution minérale du lait avec l'âge, qui n'était pas d'abord dans notre programme, est devenue, trop tard malheureusement, une de nos principales préoccupations : théoriquement elle jette une certaine lumière sur la physiologie si peu connue de la croissance, pratiquement elle a, au point de vue de la production du lait-aliment et spécialement de celui qui est destiné aux enfants du premier âge, une importance que nous ne pouvions nous empêcher de signaler ici.

L'étude de l'influence des aliments nous réservait de nouvelles surprises : les unes allaient contre nos idées *a priori* ; les autres nous permettaient de concevoir sous un jour nouveau certains faits de nutrition.

Et d'abord, les variations de la matière minérale du lait par suite des changements de nourriture étaient beaucoup moindres que nous ne l'avions supposé ; de plus leur détermination, et, conséquemment, leur réalisation expérimentale, présentaient de grandes difficultés.

D'un autre côté ces variations ne dépendaient pas uniquement, ne dépendaient pas surtout des éléments inorganiques contenus dans les divers aliments, tout au moins de ceux que l'analyse nous révèle, pas plus que la constitution minérale des plantes n'est absolument dominée par celle du

sol : la teneur des aliments en tannin, en acides organiques (oxalique, malique, etc.) ; leur état vert ou sec ; leur influence sur la quantité de lait sécrété ; leur action sur les autres glandes et particulièrement sur le rein, etc., jouaient aussi leur rôle dans la production de ces variations et appelaient de nouvelles expériences.

Le cadre de notre travail s'élargissant ainsi considérablement, et les résultats déjà obtenus étant assez nombreux et assez significatifs pour permettre certaines systématisations intéressantes, nous avons pensé que le moment était venu de faire une première publication.

Ceci n'est donc que le commencement d'une étude ; c'est en quelque sorte une halte sur la longue route que nous nous proposons de parcourir.

Nous y sommes heureusement soutenu, guidé, éclairé, encouragé par M. l'ingénieur E. Sorel qui, avec une attention de tous les instants, avec une simplicité toute naturelle, avec un dévouement aussi spontané que désintéressé, met à notre service sa vaste science et plus encore sa grande pratique : que notre maître reçoive ici l'expression de notre solide gratitude.

Nous adressons aussi nos remerciements à M. Gustave Péreire, qui nous a offert, dans son laboratoire de recherches, la plus généreuse hospitalité, et qui a mis également à notre disposition sa ferme de Grets-Armainvillers ; à nos confrères, M. le Dr Moreau, qui a exécuté pour nous, sur ses vaches laitières, de nombreuses expérien-

ces, et M. le vétérinaire Hugou qui a bien voulu nous aider dans nos recherches bibliographiques ; à tous les praticiens (bergers, éleveurs, nourrisseurs, etc.), qui ont eu assez d'abnégation pour nous dévoiler quelques secrets de leur science, faite d'observations longues, patientes et robustes, lui donnant presque la solidité de l'instinct.

HISTORIQUE

Notre historique sera très sommaire ; nous insisterons seulement sur les recherches du professeur Bunge qui sont généralement considérées comme les plus complètes qui aient été faites jusqu'ici sur cette matière.

1° *Poids des cendres*. — Longtemps on s'est borné à déterminer le poids des cendres fournies par une quantité donnée de lait ; et l'on se contente encore aujourd'hui de cette détermination dans la plupart des analyses rapides. Les uns ont accordé au poids des cendres une grande importance ; ils ont voulu qu'il fût en rapport avec la croissance des animaux nouveau-nés (Coudereau, Bunge, etc.) ; d'autres ont considéré, on ne sait trop pourquoi, l'élément minéral comme le moins important des principes constitutifs du lait (Becquerel et Vernois).

Dans ces dernières années, les découvertes relatives à la constitution chimique du caséum ont conduit Dögel à admettre que la teneur du lait en sels exerçait une grande influence sur la forme de cette combinaison organique ; mais cet auteur nous semble avoir exagéré considérablement cette influence lorsqu'il a prétendu qu'en ajoutant au lait de femme une certaine quantité de chlorure de sodium ou de phosphate de potasse, il obtenait

des flocons aussi gros que ceux que fournit normalement le lait de vache.

Les variations du poids des cendres avec la race, l'individu, l'hygiène et l'alimentation ont été jusqu'ici peu étudiées ; cependant Bouchardat a signalé l'augmentation des sels du lait chez les ânesses fatiguées ; Vernon et Becquerel ont trouvé des différences sensibles dans la teneur en matière minérale du lait d'hiver et du lait d'été, chez la vache, du lait produit par la luzerne et du lait engendré par les betteraves chez la chèvre ; Pfeiffer a constaté la diminution des sels du lait à partir de l'accouchement chez la femme ; enfin, Joly et Filhol ont appelé l'attention sur le désaccord qui existe entre différents auteurs, notamment entre eux et Stohmann, relativement au poids des cendres du lait d'une même espèce : ce désaccord ne peut évidemment provenir que de la race, de l'individu ou des conditions dans lesquelles il se trouve placé.

2^e Composition des cendres. — Dans un autre ordre de recherches, on a voulu déterminer les sels qui constituaient les cendres du lait : Fourcroy, Péligré, Haidlen et Furstenberg, Fleischmann, Duclaux, etc., ont fait, dans ce sens, de remarquables travaux ; ils ont admis la préexistence dans le lait des sels qui constituent les cendres.

De là à étudier les variations de ces sels sous diverses influences, il n'y avait qu'un pas ; c'est le phosphate de chaux qui intéresse surtout les auteurs : d'après Réveil il diminue considérable-

ment pendant la grossesse chez la femme ; d'après Péligré, il augmente à mesure qu'on s'éloigne de l'accouchement, et comme pour suffire aux besoins croissants de l'enfant (nous verrons plus tard qu'il n'en est pas tout à fait ainsi) ; d'après Foureroy le phosphate de chaux devient d'autant plus abondant, dans le colostrum, qu'on se rapproche davantage de l'accouchement ; d'après plusieurs chimistes le lait des vaches tuberculeuses contient une plus grande quantité de ce sel que le lait des vaches saines, etc.

Admettant que le phosphate de chaux existe dans le lait, en partie à l'état de suspension et en partie dissout, M. le professeur Duclaux a comparé à ce point de vue un certain nombre de laits ; il a étudié, en outre, l'influence de diverses causes capables de modifier, dans un même liquide, le rapport de ces deux parties d'un même sel.

Après le phosphate de chaux, on a étudié surtout le chlorure de sodium ; Péligré et Lebreton d'abord, Chevalier et Henry ensuite, ont admis que ce sel s'éliminait partiellement par le lait chez les ânesses qui en recevaient des doses massives : nous verrons qu'il n'en est pas ainsi tout au moins chez les ruminants ; dans ces dernières années M. Müntz a comparé la teneur en sel marin du lait de vache de montagne et du lait de vache de plaine ; mais les différences, très légères, qu'il a constatées peuvent provenir de l'individualité ou de l'alimentation, ainsi que nous l'expliquerons dans la suite.

3° *Les éléments minéraux dans les combi-*

naisons organiques. — Contrairement aux précédents auteurs, Sebellien, Tomalchef, Schmidt-Mulheim, Bunge, Béchamp, etc., ont admis que, parmi les éléments inorganiques constituant les cendres du lait, quelques-uns tout au moins provenaient de la destruction, par l'incinération, de combinaisons organiques dont ces éléments paraissent faire partie intégrante : Tomalchef a soutenu que l'acide phosphorique est partiellement libre et partiellement combiné (nucléine, lécithine) ; Schmidt-Mulheim prétend avoir isolé et dosé la lécithine contenue dans le lait ; pour Sébellien l'acide phosphorique est en partie lié à la chaux et à la caséine (*caseincalcium phosphat*) : ce qui est certain c'est que la caséine, transparente à l'état pur, prend l'aspect du lait dès qu'on ajoute de la chaux à ses solutions ; dans un travail récent, M. Gaube admet que la caséine du lait est en partie combinée aux chlorures et aux carbonates (c'est la plus forte portion de la caséine, dissoute), en partie aux phosphates (c'est une minime portion de la caséine dissoute et toute la caséine suspendue) ; il suppose, en outre, que le lactose lui-même forme avec les sels du lait, des combinaisons analogues aux précédentes ; enfin, tout dernièrement, M. Béchamp a montré que la caséine est phosphorée : comme elle est aussi sulfurée elle constitue, d'après cet auteur, l'unique exemple d'un principe immédiat à six éléments.

4^e *Éléments inorganiques considérés en dehors de toute combinaison.* — Dans un quatrième ordre d'idées, on a très heureusement

renoncé à déterminer l'état de la matière minérale dans le lait ; pour opposer les acides aux bases on a dû cependant considérer le phosphore à l'état d'acide phosphorique, et le calcium, le magnésium, le potassium, le sodium et le fer à l'état d'oxydes. Fleischmann, Bunge et autres auteurs, ont déjà fait ressortir l'intérêt que présente une étude ainsi comprise ; et nous espérons que le présent travail démontrera avec plus d'évidence encore cette vérité.

Avant d'exposer la méthode d'analyse que nous avons employée, nous tenons à faire l'examen critique de celle qui a été suivie par M. Bunge dans son remarquable travail : *Der Kali, Natron-und Chlorgehalt der Milch, verglichen mit dem anderer Nahrungsmittel und des Gesammtorganismus der Säugethiere* (*Zeitschrift für Biologie*, X Bd).

Dans la détermination des alcalis nous ne voyons guère que deux causes d'erreur ; d'abord lorsque, après précipitation par l'ammoniaque et le carbonate d'ammoniaque, le précipité, isolé par filtration, est évaporé dans des capsules de platine puis calciné, il est possible que des sels alcalins soient entraînés par les sels ammoniacaux ; en second lieu, dans la séparation des résidus alcalins par le bichlorure de platine à la façon ordinaire, on peut précipiter un peu de protochlorure de platine ; en outre, la potasse entraîne souvent de la soude, ce qui ne saurait avoir lieu avec le perchlorate de potasse.

Dans le dosage du chlore, l'addition d'une base

est certainement avantageuse, mais elle ne met pas complètement à l'abri de toute perte ; par exemple, les chlorures alcalins peuvent être entraînés lors de la calcination des cendres charbonneuses dans une capsule de platine incomplètement couverte et où l'air se renouvelle par suite continuellement.

La détermination de la chaux, de la magnésie, de l'acide phosphorique et du fer, présente des causes d'erreur beaucoup plus sérieuses : le fer est précipité de la solution chlorhydrique des cendres totales à l'état de phosphate de fer par addition à froid d'acétate d'ammoniaque. Or, quand on ajoute à froid, de l'acétate d'ammoniaque à une solution faiblement chlorhydrique de phosphate de fer et de phosphate de chaux, on précipite en même temps du phosphate de fer et du phosphate de chaux (entraînement), par contre si la liqueur est très chlorhydrique, une certaine quantité de fer peut rester dans la liqueur, le phosphate de fer n'étant pas absolument insoluble dans l'acide acétique en présence d'un excès de chlorhydrate d'ammoniaque.

D'autre part, comme aucune précaution n'est prise pour empêcher la réduction du phosphate de fer pendant la calcination, il peut se former du phosphate de protoxyde de fer qui n'est pas précipitable dans les conditions où l'auteur s'est placé.

M. Bunge dose habituellement la soude par différence. Connaissant le poids du chlorure de potassium et du chlorure de sodium réunis, il sépare la potasse à l'état de chloroplatinate ; retranchant

ensuite le poids de potasse du poids total, il obtient le poids de la soude : conséquemment toute l'erreur porte sur cette dernière substance.

Enfin, pour chaque lait, cet auteur donne à côté de la composition minérale pour mille parties de liquide, le poids de chaque élément rapporté à cent grammes de cendres ; or, comme il ne connaît pas le poids total des cendres et qu'il ne peut le connaître, ainsi que nous le verrons bientôt, il le déduit, bien à tort, de la somme des éléments minéraux qu'il a dosés et qui ne sont certainement pas toutes les cendres : donc la relation de ces éléments et des cendres du lait ne saurait être exacte.

NOTRE MÉTHODE D'ANALYSE.

a). *Préparation des cendres.* — Nous prenons habituellement 200 cc. de lait. Pour éviter une perte d'acide chlorhydrique ou de chlorures alcalins pendant la calcination, nous ajoutons à ce liquide 0 gr. 500 de carbonate de chaux pur obtenu par la méthode H. S^{te} Claire Deville. Nous avons choisi la chaux et non la soude comme alcali auxiliaire, d'abord parce que la soude du lait nous intéressait d'une façon particulière, ensuite parce que la chaux est la base la plus facile à purifier et à doser ; enfin il est ainsi plus facile d'avoir un résidu dépourvu de charbon.

Le lait contenant le carbonate de chaux est évaporé à l'étuve, dans une ou deux capsules de platine ; on agite fréquemment pour répartir dans tout le liquide la portion de sel non dissoute. L'extrait sec ainsi obtenu est chauffé légèrement à feu nu, les capsules étant recouvertes d'un large couvercle de platine ; sans atteindre le rouge sombre, il est possible de carboniser une grande partie des matières organiques contenues dans l'extrait sec et de le détacher presque entièrement des capsules qui le renferment, tout en réduisant considérablement son volume.

Il est possible alors de calciner le charbon d'après le procédé Schlœsing, légèrement modifié par M. Sorel; on sait que ce procédé permet de détruire toute la matière organique à une température relativement assez basse et dans une atmosphère qui se renouvelle avec une grande lenteur; en voici la description sommaire.

La première phase de l'opération est la destruction de la matière organique dans un courant de gaz carbonique et au-dessous du rouge sombre. Le charbon précédemment obtenu est placé dans une nacelle de platine que l'on introduit dans le tube de verre où se fera la calcination; ce tube est fermé d'un côté par un bouchon traversé par un petit tube de verre permettant l'arrivée du courant gazeux; à l'autre extrémité il est effilé et mis en rapport avec un tube de Will destiné à retenir les chlorures alcalins que le courant gazeux pourrait emporter, et à mesurer la vitesse de ce courant.

On remplit d'abord tout l'appareil de gaz carbonique; puis on chauffe doucement jusqu'à ce que les vapeurs inflammables ne se dégagent plus: la température ne s'élève pas assez dans l'intérieur du tube pour fondre certains sels et empêcher ainsi plus tard la destruction complète du charbon.

La deuxième phase de l'opération est la calcination dans un courant d'oxygène et au-dessous de la température du rouge sombre. L'oxygène se substituant peu à peu au gaz carbonique, la calcination a lieu lentement, progressivement et très

complètement ; naturellement le charbon brûle d'abord du côté où arrive le gaz ; et la partie en combustion, toujours peu étendue, se déplace peu à peu jusqu'à l'autre extrémité de la nacelle. Vers la fin de la calcination, l'oxygène ayant chassé presque complètement le gaz carbonique, l'action de ce gaz devient quelque peu brutale : certaines particules charbonneuses entrent en fusion, mais il est facile d'éviter cet accident en remplissant de nouveau l'appareil de gaz carbonique. On reconnaît que l'opération est finie quand il ne se dégage plus que de l'oxygène à l'extrémité libre du tube de Will.

En opérant ainsi on obtient des cendres d'une grande blancheur pour tous les laits très phosphatés-calciques des ruminants ; les laits riches en métaux alcalins, particulièrement en soude, donnent des cendres légèrement grises ; mais la quantité de charbon qui leur communique cette teinte est néanmoins très faible, conséquemment négligeable.

Ajoutons que ces cendres sont habituellement riches en carbonates, ce qui démontre que la quantité de chaux qu'on a ajoutée a été plus que suffisante pour saturer les acides ou sels non basiques, et empêcher ainsi le déplacement de l'acide chlorhydrique ; d'ailleurs, la température de combustion est si basse que les chlorures alcalins ou terreux ne se volatilisent pas. En outre, le liquide de distillation contenu dans le tube de Will ne contient pas trace de chlorures dans la plupart des cas.

b). Analyse des cendres. — Nous déterminons successivement le chlore, la chaux, la magnésie, l'acide phosphorique, la potasse et la soude, d'après la méthode de la voie moyenne, imaginée par H. Sainte Claire Deville, et modifiée par Schlesing. Cette méthode basée sur les variations de la résistance des divers nitrates aux températures moyennement élevées, a été ainsi appelée parce qu'elle constitue un intermédiaire à la méthode par voie sèche et à la méthode par voie humide.

1° Dosage du chlore. — Le principe de la méthode consiste à précipiter le chlore à l'état de chlorure d'argent en dehors de la dissolution des matières minérales. Pour cela on ajoute à cette dernière un grand excès d'acide nitrique, et on distille ; le chlore mis en liberté par la transformation des chlorures en nitrates se dégage à l'état de gaz chlorhydrique qu'un courant de vapeur d'eau entraîne dans un réfrigérant ; le tube de dégagement plonge dans une solution froide de nitrate d'argent où se fait la précipitation de chlorure d'argent.

Dans le dosage du chlore on peut prendre tout ou partie des cendres ; nous les prenons habituellement toutes malgré la possibilité d'un accident qui, dans ce cas, empêcherait la détermination des autres éléments minéraux.

2° Dosage de la chaux, de la magnésie et de l'acide phosphorique. — La solution nitrique des cendres qui reste après la détermination du chlore est extrêmement concentrée ; on l'étend jusqu'à lui

faire occuper un volume de 250 centimètres cubes, sur lesquels on prendra 100 centimètres cubes pour le dosage des terres et de l'acide phosphorique, 100 centimètres cubes pour celui des métaux alcalins : les 50 centimètres cubes en excès permettront de recommencer l'analyse dans le cas où un accident se produirait dans l'un des deux précédents dosages.

a). *Chaux*. — Pour précipiter la chaux à l'état d'oxalate, il est nécessaire d'abord de neutraliser la solution nitrique par l'ammoniaque, et d'ajouter ensuite quelques gouttes d'acide acétique. Dans la solution acétique chaude, l'oxalate d'ammoniaque en cristaux précipite très rapidement la chaux. Après 24 heures de repos, l'oxalate de chaux est isolé par filtration et lavage, avec une solution très étendue d'acide acétique ; les filtres, d'abord séchés au bain de sable, sont ensuite séparés autant que possible de leur contenu, et calcinés en même temps que ce dernier dans des creusets de platine ; finalement on calcine au four à magnésie pour chasser complètement l'acide carbonique.

b). *Magnésie*. — Dans tous les laits il y a un excès d'acide phosphorique relativement à la magnésie ; pour précipiter complètement cette base, il suffit donc d'ajouter de l'ammoniaque au précédent filtrat. En versant brutalement l'ammoniaque on obtiendrait sûrement du phosphate trimagnésien ; pour éviter la formation de ce sel et précipiter la magnésie à l'état de phosphate ammoniac-magnésien, il faut verser l'ammoniaque très

lentement, goutte à goutte, et agiter vigoureusement. Lorsque les fins cristaux de phosphate ammoniac-magnésien apparaissent, on peut ajouter rapidement et sans crainte un grand excès d'ammoniaque.

Après 24 heures, on filtre et on lave à l'eau ammoniacale ; le filtre est ensuite séché au bain de sable, de façon à pouvoir être séparé du précipité et brûlé au moufle dans des capsules de porcelaine.

Ces capsules recevront ensuite le phosphate ammoniac-magnésien ; mais il faudra se garder de les mettre immédiatement au moufle, car, sous l'influence d'une température élevée, on pourrait avoir du phosphate trimagnésien et de l'acide métaphosphorique. On placera ces capsules munies de leurs couvercles au bain de sable pendant une demi-heure environ ; on déterminera ainsi la formation de pyrophosphate de magnésie qu'on pourra calciner fortement au moufle sans danger.

c). Acide phosphorique. — En ajoutant très lentement de la liqueur magnésienne au filtrat obtenu dans le dosage de la magnésie, on précipite l'acide phosphorique à l'état de phosphate ammoniac-magnésien ; les mêmes précautions sont à prendre pour la transformation de ce dernier sel au pyrophosphate.

Il est bien entendu que l'acide phosphorique précipité avec la magnésie doit être ajouté à celui qu'on a obtenu dans le présent dosage et qui représente toujours la plus grande partie de l'acide phosphorique total des cendres.

Là se termine le dosage des terres et de l'acide phosphorique qui constitue la deuxième partie de l'analyse.

3^e *Dosage de la potasse et de la soude.* — On sait que la découverte, par Sérullas, de l'insolubilité du perchlorate de potasse dans l'alcool a permis à Schlœsing d'établir un nouveau procédé de séparation de la potasse et de la soude.

La première opération est l'élimination de l'acide sulfurique et de l'acide phosphorique, les seuls acides fixes que l'on puisse trouver dans les cendres du lait.

Pour cela on met 100 cc. de la solution nitrique des cendres dans un ballon de 1/2 litre environ ; et l'on chauffe fortement sans arriver cependant jusqu'à l'ébullition. 10 cc. d'une solution saturée de baryte sont ensuite introduits dans le ballon ; tantôt le liquide reste clair, tantôt il devient légèrement louche par suite de la précipitation d'une faible quantité de sulfate de baryte. Quoiqu'il advienne on insolubilise le baryte et les sels de baryte (carbonates et phosphates), en ajoutant successivement du carbonate d'ammoniaque et de l'ammoniaque ; on maintient le liquide à l'ébullition, tout en conservant un excès d'ammoniaque.

Le liquide filtré ne contient plus, en dehors de la potasse et de la soude, que des sels ammoniacaux et des traces de magnésie, de chaux et de baryte. Après concentration, on y ajoute de l'acide nitrique et une petite quantité d'acide chlorhydrique ; on chauffe doucement au bain de sable de

façon à détruire l'ammoniaque qui se dégage sous forme d'azote ; finalement l'acide nitrique chasse l'acide chlorhydrique ; on obtient ainsi toutes les bases, moins l'ammoniaque, sous forme de nitrates.

Ces derniers sels sont décomposés, au bain de sable, par un grand excès d'acide oxalique qui se sublime après avoir chassé tout l'acide nitrique ; pour se débarrasser complètement de l'acide oxalique, et pour décomposer les oxalates, il suffit de calciner modérément au rouge sombre.

Le résidu ainsi obtenu comprend de la magnésie caustique, du carbonate de chaux, de baryte, de potasse et de soude ; comme les trois premières substances sont insolubles dans l'eau, on reprend par l'eau bouillante qui dissout très facilement les deux carbonates alcalins.

Après évaporation on ajoute, avec précaution, un léger excès d'acide perchlorique ; et on évapore à sec de façon à chasser l'excès d'acide perchlorique. Les deux perchlorates sont ensuite repris par l'alcool concentré qui dissout seulement le perchlorate de soude : on filtre dans des capsules de platine.

La petite quantité de perchlorate de potasse qui reste sur le filtre est redissoute par l'eau bouillante ; on reçoit le liquide dans les capsules de porcelaine contenant le perchlorate de potasse non entraîné pendant la filtration : le tout est évaporé à sec et pesé.

Quant à la solution alcoolique de perchlorate de soude, elle est d'abord évaporée à sec, puis trai-

tée par un léger excès d'acide sulfurique qui chasse l'acide perchlorique : on pèse le sulfate de soude en prenant les précautions ordinaires.

d). *Dosage du fer.* — En raison de la faible proportion de fer contenue dans le lait, nous avons cru prudent de déterminer isolément ce minéral par la méthode colorimétrique, et en prenant au moins 1 gramme de cendres.

L'analyse peut être divisée en cinq phases : 1° destruction du charbon ; 2° élimination du chlore ; 3° réduction du peroxyde de fer par le zinc ; 4° passage à une solution sulfurique ; 5° réduction du permanganate de potasse.

1° *Destruction du charbon.* — Les cendres résultant de l'incinération, par la méthode indiquée ci-dessus, de 200 cc. de lait, sont dissoutes dans l'acide nitrique ; le tout est desséché, puis fondu et finalement calciné : s'il reste encore du charbon on ajoute un peu de nitrate d'ammoniaque en cristaux, et on calcine de nouveau ;

2° *Élimination du chlore.* — En ajoutant de l'acide sulfurique au résidu précédent, on détruit à la fois les nitrates et les chlorures ; mais il faut une digestion longue, à très haute température et sans élimination complète de l'acide sulfurique, pour dissoudre la totalité du fer : d'après M. Sorrel, l'emploi du bisulfate de potasse pur permet d'obtenir plus rapidement et plus sûrement ce résultat.

3° *Réduction du peroxyde de fer par le zinc.*
— Que l'on emploie l'acide sulfurique ou le bisulfate de potasse pur, le fer est dissous à l'état de

peroxyde ; on le réduit à la température d'ébullition par du zinc pur auquel on ajoute une petite quantité d'acide sulfurique.

4° *Passage à une solution sulfurique très acide.* — Cette opération qui doit précéder nécessairement la réduction du permanganate de potasse, se pratique à froid en versant la liqueur réduite dans la liqueur sulfurique très acide ; si, après lavages répétés, il reste beaucoup de zinc dans le ballon où s'est opérée la réduction, on porte à l'ébullition pour chasser l'hydrogène, et on refroidit à l'abri de l'air.

5° *Réduction du permanganate de potasse par le peroxyde de fer.* — Rien à dire sur cette dernière partie de l'analyse, si ce n'est, qu'en raison de la faible quantité de fer à déterminer, on doit se servir d'une solution de permanganate de potasse très diluée.

On obtient ainsi le fer métallique d'où on déduit très facilement la quantité de sesquioxyde de fer contenue dans le lait.

II

CENDRES DU LAIT.

Nous étudierons les variations des cendres du lait :

A. — Suivant l'espèce ;

B. — Suivant la race ;

C. — Suivant l'état du fœtus, chez les diverses espèces et les diverses races ;

D. — Chez le même individu suivant :

a). L'âge ;

b). La grossesse ;

c). Le régime ;

d). L'âge de la sécrétion ;

e). L'âge du lait relativement à l'instant où il a été sécrété ;

f). La disposition physique qu'affecte le lait dans la mamelle.

Nous étudierons ensuite les cendres :

E. — Dans la crème et le lait sûr lors de l'écémage spontané ;

F. — Dans la crème et le lait turbiné lors de l'écémage centrifuge ;

G. — Dans le lait de beurre ;

H. — Dans le fromage et le petit-lait ;

g). Nous terminerons ce chapitre par quelques considérations sur les relations qui existent entre les cendres du lait et la caséification de ce liquide.

A. — *Cendres des divers laits considérées
dans leur totalité.*

Toutes les fois que nous avons voulu déterminer, approximativement, la quantité totale des matières minérales contenues dans un lait, nous n'avons pas ajouté à ce liquide un alcali auxiliaire : nous avons seulement incinéré à la plus basse température possible. La perte de chlore et d'alcali était ainsi très légère ; et néanmoins le poids des cendres obtenues ne nous donnait pas, ne pouvait pas nous donner la somme des matières minérales du lait. Suivant la composition chimique de ce liquide ; suivant la méthode de calcination ; suivant la température etc., on peut avoir, en effet, soit du phosphate tribasique de chaux, soit du phosphate bicalcique et des carbonates, soit même du métaphosphate de chaux et des carbonates ; et le poids des cendres variera sensiblement dans ces divers cas.

En établissant le poids total de cendres d'après la somme des éléments minéraux dosés, M. Bünge semble avoir tourné la difficulté ; en réalité, il a commis une erreur plus grave que celle qui résulterait de la pesée directe des cendres elles-mêmes, car ces dernières contiennent d'autres éléments que ceux dosés par le précédent auteur et par ceux qui l'ont suivi. *

Il vaut mieux reconnaître franchement que la *détermination exacte du poids des cendres du lait est impossible* :

Cela ne veut pas dire que nous ne puissions comparer, à ce point de vue, les laits produits par les animaux supérieurs : les différences dans la teneur totale de ces liquides en éléments minéraux sont assez grandes pour que les causes d'erreur signalées ci-dessus deviennent négligeables ; nous avouons même que cette comparaison constitue l'un des points les plus intéressants de l'étude que nous nous proposons de faire ici.

A notre grand regret, nous n'avons pu nous procurer du lait de truie dans de bonnes conditions ; les femelles nourrices de cette espèce que des agriculteurs ont mises à notre disposition, ont opposé à la traite une résistance insurmontable malgré les précautions que nous prenions pour faciliter cette opération ; en sorte que nous avons analysé et nous pouvons comparer seulement les laits de femme, d'ânesse et de jument, de chèvre et de brebis, de chamelle, de vache et de chienne. Ces espèces sont assez éloignées physiologiquement pour que l'on puisse généraliser à tous les animaux supérieurs les lois qui se dégagent de l'analyse minérale de leurs laits, et que nous allons essayer de formuler.

Les relations qu'on a établies jusqu'ici entre la richesse minérale des divers laits et le développement des jeunes êtres auxquels ils sont destinés, ne sont pas exactes ; et si elles paraissent vraies dans quelques cas particuliers, il suffit de tenter une généralisation pour s'apercevoir qu'elles souffrent de nombreuses, de trop nombreuses exceptions. En fait les auteurs qui ont étudié ces rela-

tions ont commis une double erreur : d'une part ils ont tenu compte de tous les éléments minéraux du lait, de ceux qui sont indispensables à la croissance, comme de ceux qui n'interviennent que peu ou pas dans ce phénomène ; d'autre part ils n'ont considéré, dans les jeunes animaux, que la rapidité du développement, alors que leur débilité plus ou moins grande, la possibilité ou l'impossibilité de vivre avec un aliment autre que ce lait, etc., sont des facteurs de premier ordre dans l'établissement de ces relations. Supposons, par exemple, deux laits contenant le même poids de matière minérale, mais dont l'un est très riche en phosphore, en chaux et magnésie, tandis que l'autre est très riche en chlore, en potasse, en soude, croit-on qu'ils auront une influence analogue sur la croissance ? Le lait de jument est parfois aussi minéralisé que certains laits de vache ; cela veut-il dire qu'il a la même action sur le développement des jeunes êtres ? Supposons, d'un autre côté, que deux jeunes animaux se développant avec la même rapidité soient, l'un peu apte, l'autre très apte, à se nourrir d'un autre aliment que le lait, croit-on qu'il y aura une relation entre la quantité totale de matière minérale contenue dans ces liquides et la rapidité du développement des êtres auxquels ils sont destinés ? Y a-t-il aucune comparaison à ce point de vue entre le poulain et le veau, l'ânon et le poulain, le jeune chameau et le veau, etc. ?

Allons plus loin, et supposons un animal qui, à la naissance, peut tirer d'aliments autres que le lait, tous les éléments nécessaires à son entretien

et à son développement ; que sera dès lors pour lui le lait de sa mère si ce n'est une boisson ; et quel rapport pourra-t-il exister entre la quantité de cendres fournies par ce liquide et le développement du jeune animal ?

Non : entre le poulain qui, né à la suite des armées, accomplit dès les premiers jours de longues étapes, et le jeune chameau qui ne peut guère se tenir debout avant l'âge de trois semaines ; entre un veau, un chevreau, un agneau qui marche et saute quelques instants après son expulsion de la matrice, et un jeune chien qui n'ouvre les yeux que 8, 10 jours après la naissance, il existe des différences organiques, particulièrement des différences dans les fonctions digestives, trop grandes pour qu'on puisse établir une relation étroite entre la rapidité de leur développement et la teneur en matière minérale des laits qui leur sont destinés.

Comment éviter les deux causes d'erreur précédemment indiquées ? Le choix des éléments minéraux dont il fallait tenir compte n'était pas en somme difficile à déterminer ; ce n'était certainement pas le chlore qui jouait comme acide le rôle principal dans la croissance des animaux allaités ; ce n'était sûrement pas la soude qui constituait *a priori* la base la plus importante ; ce n'était même pas la potasse, ainsi que nous le verrons dans le chapitre suivant, en comparant la richesse des divers laits en cette substance. Les deux éléments les plus directement en rapport avec le développement des jeunes animaux étaient incontestablement le phosphore, jouant le rôle d'acide, et la chaux jouant le

rôle de base : quoique peu abondante, la magnésie devait être ajoutée à la chaux dont elle suit exactement toutes les variations. En somme, le phosphore et les terres du lait avaient un rôle prépondérant, fondamental on peut dire, dans le développement des nourrissons ; c'étaient les seuls éléments, par suite, que nous devons faire entrer dans la relation que nous nous proposons d'établir.

Il était plus difficile d'éviter la deuxième cause d'erreur. Il fallait tenir compte incontestablement de l'augmentation de poids des jeunes individus ou des portées ; mais il était nécessaire de considérer surtout ce qui, dans la croissance, devait être rapporté au lait. Un grand nombre de facteurs dont nous avons signalé ci-dessus les principaux, intervenaient ici ; en les examinant séparément nous sommes arrivé heureusement à trouver ce qu'ils avaient de commun, et à les désigner par une seule expression, ce qui facilite beaucoup la formulation de la nouvelle loi. Ils sont tous étroitement liés, en effet, aux besoins de l'organisme des jeunes êtres relativement au phosphore et au calcium (beaucoup moins au magnésium) tels *qu'ils existent dans le lait*.

Dès lors la loi qu'on a appelée jusqu'ici téléologique et que nous désignerons plus simplement et plus justement sous le nom de loi *d'adaptation du lait aux jeunes animaux qui doivent s'en nourrir*, peut être formulée ainsi pour ce qui concerne la matière minérale.

Première loi. — La teneur du lait en phosphore, calcium et magnésium, est toujours en rap-

port avec les besoins des jeunes êtres auxquels il est destiné relativement à ces éléments minéraux, tels qu'ils existent dans ce liquide.

Avant d'établir très sommairement la généralité de cette loi, nous indiquerons le poids moyen des cendres fournies par les divers laits que nous avons analysés. Ceci nous permettra, d'une part, de démontrer avec beaucoup d'évidence l'insuffisance de l'ancienne loi ; d'autre part, de comparer pour chaque lait, le poids total des cendres au poids de l'acide phosphorique, de la chaux et de la magnésie réunis.

La *figure 1* montre que le lait le moins minéralisé est celui de femme ; puis viennent, par ordre

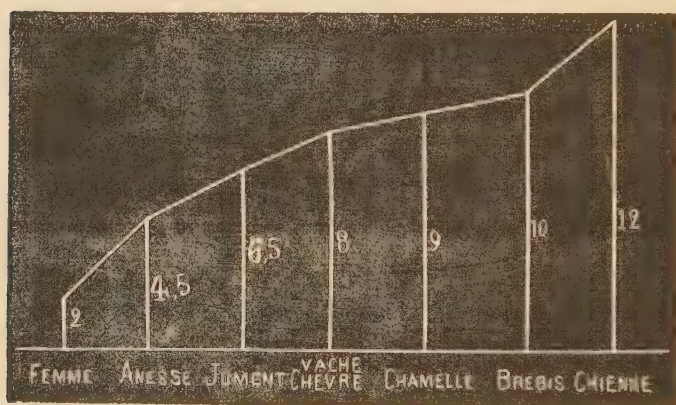


FIG. 1.

Poids des cendres, par litre de lait, chez diverses espèces.

de minéralisation croissante, le lait d'ânesse, le lait de jument, le lait de vache et celui de chèvre, le lait de chamelle, le lait de brebis et le lait de chienne.

Ainsi le lait de jument fournit 6 gr. 50 de cen-

dres par litre en moyenne, tandis que celui d'ânesse n'en donne que 4 gr. 5 ; or, l'ânon nouveau-né est incomparablement plus petit, plus débile que le jeune poulain ; il a besoin d'un lait beaucoup plus riche en matériaux de croissance, contrairement à ce qu'indique la *figure 1*.

De même la vache et la chamelle occupent, dans cette représentation graphique, un ordre inverse de celui qui leur convient ; le développement du veau est beaucoup plus rapide que celui du jeune chameau, et ses besoins en matériaux de croissance, sont autrement considérables.

Enfin, d'une manière générale, les différences qui existent entre les jeunes animaux au point de vue de la rapidité du développement, sont plus grandes que celles que nous avons constatées dans le poids des cendres fournies par les divers laits qui leur sont destinés ; ainsi le jeune veau, nourri exclusivement du lait de sa mère, présente souvent une augmentation du poids d'un kilogramme par jour, tandis que le poids de l'enfant ne s'élève guère que de 25 grammes pendant le même temps ; si on tient compte de la quantité de lait dont disposent les nouveau-nés, les différences sont encore plus considérables entre l'enfant et les jeunes chiens : dans les races canines de taille moyenne, le poids d'une portée de jeunes chiens augmente fréquemment de 200, 300 grammes et plus par jour.

Dans la *figure 2*, qui est la représentation de la loi d'adaptation telle que nous l'avons formulée ci-dessus, le phosphore est considéré à l'état d'acide phosphorique, la chaux et la magnésie à

l'état d'oxydes. Nous avons déjà dit qu'il est absolument impossible de déterminer les combinaisons que forment, dans le lait, les éléments minéraux constituant les cendres ; lors donc que nous considérons ces éléments à l'état de combinaisons oxygénées, nous traduisons simplement le résultat brut de l'analyse des cendres.

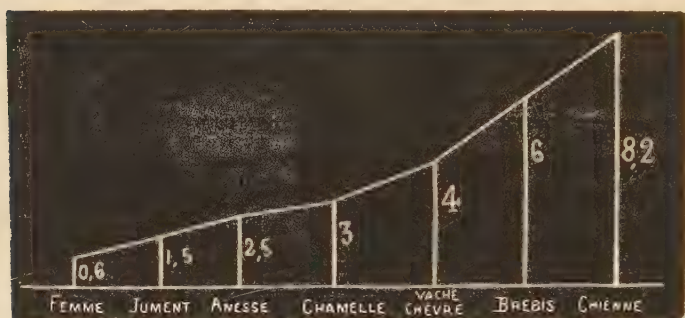


FIG. 2.

Poids d'a. phosphorique et de terres, par litre de lait, chez diverses espèces.

Dans le lait de femme, la proportion extrêmement faible d'acide phosphorique et de terres est en rapport avec la lenteur du développement de l'enfant, beaucoup moins avec l'aptitude que possède ce dernier à se nourrir d'aliments autres que le lait. Rappelons à ce sujet que Van Helmont, voulant démontrer que le lait est au moins inutile, éleva un enfant avec de la petite bière fermentée, du sucre et du pain desséché et pulvérisé ; on dit que cet enfant devint, plus tard, un homme très vigoureux.

Chez la jument, le poids total d'acide phosphorique et de terres est à peine d'un gramme 5 par litre ; il n'est nullement en rapport avec

la croissance du poulain, ou plus exactement avec l'augmentation de poids qui est parfois d'un kilogramme par jour ; mais il l'est cependant avec les besoins de ce jeune animal relativement au phosphore et aux métaux terreux tels qu'ils existent dans le lait. Le poulain vient au monde, en effet, dans un état de perfection remarquable : on en a vu accomplir, dès les premiers jours, de longues étapes. Vers la fin de la première semaine il digère facilement les farines, les tourteaux délayés ; vers l'âge de 10 à 15 jours il mange et utilise bien les grains concassés. Pour cet animal le lait est donc autant une boisson qu'un aliment de croissance, et c'est ce qui explique les particularités si intéressantes de sa composition minérale.

Il est curieux de voir que deux femelles appartenant à des espèces aussi rapprochées que possible (si on peut dire qu'elles sont d'espèce différente) la jument et l'ânesse, produisent des laits très éloignés l'un de l'autre par leur composition chimique. Ne tenant compte pour l'instant que de leur richesse en phosphore et métaux terreux, nous ferons observer que le lait d'ânesse en contient beaucoup plus que le lait de jument. Ces différences dans la constitution minérale des deux laits correspondent à des différences organiques très grandes entre le poulain et l'ânon ; tandis que le premier naît grand, vigoureux, couvert de poils fins et serrés, le second vient au monde petit, débile et presque nu ; tandis que le premier, en raison de son perfectionnement physique, peut vivre aux

dépens d'autres aliments que le lait, et que ces aliments sont même indispensables à son développement normal ; le second doit puiser surtout dans le lait les éléments de son entretien et de sa croissance : ses besoins, relativement au phosphore et aux métaux terreux contenus dans ce liquide, sont donc autrement considérables que ceux du jeune poulain.

Tous ceux qui connaissent la lenteur du développement du jeune chameau ne seront pas étonnés de voir le lait de chamelle occuper une place intermédiaire au lait d'ânesse et au lait de vache ou de chèvre, quant à sa teneur en phosphore et métaux terreux. En venant au monde le petit dromadaire ne peut se tenir debout ; ce n'est guère qu'à l'âge de 20 ou 25 jours qu'il peut téter seul et marcher ; bientôt il commence à manger ; mais il ne peut se passer de lait avant 8 ou 9 mois. L'allaitement du méhari ou dromadaire de course est particulièrement long ; il dure 14, 15 et même 16 mois.

La quantité d'acide phosphorique, de chaux et de magnésie contenue dans le lait de vache et dans le lait de chèvre varie notablement suivant les races, les individus, l'âge, l'alimentation, etc., nous avons adopté 4 grammes comme quantité moyenne quoiqu'il nous en coûtât de prendre une moyenne entre des chiffres aussi différents que ceux que nous ferons connaître plus tard.

Le lait de brebis est beaucoup plus riche en phosphore et métaux terreux que les précédents ; cette richesse est en harmonie avec la rapidité du développement des agneaux.

Nous en dirons autant du lait de chienne ; on sait que les chiens nouveau-nés sont très petits et inhabiles à digérer un aliment autre que le lait ; de plus leur augmentation de poids est relativement très rapide : ces trois conditions sont justement celles qui exigent un lait très phosphoré et très terreux.

Si l'on compare les deux courbes des *figures 1* et *2* on voit qu'elles diffèrent sensiblement ; la deuxième accuse des variations plus considérables que la première : tandis que le rapport du poids des cendres est à peine 1/5 pour les termes extrêmes, femme et chienne, celui du phosphore et des terres est de 1/15 (la matière minérale du lait de femme étant prise pour unité dans les deux cas) ; c'est-à-dire que le lait de chienne est environ quinze fois plus riche en aliments de croissance que le lait de femme.

Cette différence est bien en harmonie avec celle que nous avons établie plus haut entre les besoins des jeunes chiens et ceux de l'enfant, relativement aux éléments phosphorés et terreux tels qu'ils existent dans le lait ; elle nous explique pourquoi le lait de femme constitue, pour les jeunes chiens, une nourriture absolument insuffisante, tellement insuffisante que l'accoucheur Depaul, qui n'avait sans doute pas idée de sa pauvreté relative en matériaux de croissance, le considérait comme toxique pour ces nouveau-nés ; elle nous explique également la grande valeur nutritive du lait de chienne pour les enfants du premier âge (recherches du Dr Bernard, de Montbrun-les-Bains, Isère).

Nous aurions bien voulu formuler, pour le chlore et les métaux alcalins, une loi analogue à la précédente ; mais il est bien difficile de déterminer leur rôle exact dans le développement des jeunes animaux et les besoins de ces derniers relativement à ces éléments, tels qu'ils existent dans le lait. Du reste on peut se convaincre, d'après la courbe représentée dans la *figure 3*, que les variations du chlore et des métaux alcalins dans les divers laits sont beaucoup moins grandes que celles du phosphore et des terres. Le rapport des termes extrêmes, femme et chamelle, est ici seulement de $1/4$ ou de $1/5$. *A priori*, le rôle de ces deux groupes d'éléments semble tout-à-fait différent et d'une importance bien inégale.

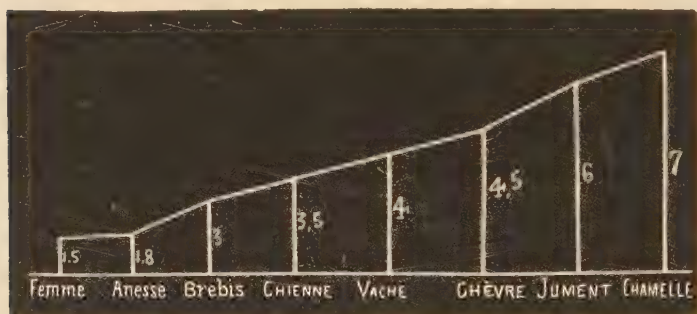


FIG. 3.

Poids de chlore et de métaux alcalins, par litre de lait, chez diverses espèces.

Effectivement, en se basant sur le peu que nous savons de la physiologie des sel salcalins, on peut dire qu'ils servent surtout d'une part à préparer, à transporter aux tissus les aliments nécessaires à leur entretien et à leur développement ; d'autre part à enlever les produits de déchet et à les trans-

former, soit en vue d'une nouvelle utilisation, soit pour leur élimination définitive ; ils font, pour ainsi dire, la *banque* dans l'organisme. On comprend, dès lors, que leur rôle dans la croissance des jeunes animaux, quoique très important, soit secondaire relativement à celui des éléments phosphorés et terreux qui en constituent la partie fondamentale de l'édifice.

A ce nouveau-né qui se développe très rapidement, il faudra bien des chlorures alcalins pour ses liquides digestifs (salive, suc gastrique, suc pancréatique, etc.), pour le sang et la lymphe, etc. ; mais sa croissance souffrira beaucoup moins d'une alimentation pauvre en ces sels, qu'elle ne souffrira d'une alimentation peu phosphorée-terreuse.

Néanmoins tous les nouveau-nés, quels que soient leur taille et leur degré de perfection physique, ont besoin du chlore, de la potasse et de la soude du lait, ou pour mieux dire des combinaisons organiques du lait dont ces trois substances font partie intégrante. D'une manière générale ce besoin sera nécessairement en rapport avec la rapidité de la croissance ; mais il le sera aussi et surtout avec l'aptitude des jeunes animaux à puiser, ailleurs que dans le lait, le chlore et les métaux alcalins qui lui sont indispensables : et c'est précisément cette aptitude qu'il est si difficile de mesurer.

On voit, dans la *figure 3*, que le lait le plus riche en chlore et métaux alcalins est celui de chamelle ; or, le jeune chameau est justement le jeune mammifère pour lequel le lait reste le plus

longtemps non-seulement un aliment de croissance, mais encore un aliment complémentaire de l'alimentation solide qui lui est indispensable dès l'âge de 30 ou 40 jours. Si, par un artifice de logique, l'on sépare le phosphore et les terres du chlore et des métaux alcalins dans le lait de chamelle, on pourra dire que le premier groupe de matières minérales permet au jeune chameau de vivre et de se développer jusqu'à ce qu'il soit apte à se nourrir d'aliments solides, tandis que le deuxième groupe lui permet de vivre et de se développer jusqu'à ce qu'il soit capable d'emprunter aux végétaux ou à l'eau les éléments inorganiques de ses sucs digestifs, de son sang, de sa lymphe, etc. : cette deuxième phase de la croissance est extrêmement longue chez cet animal.

Puis vient le lait de jument. Ici il faut encore tenir compte non-seulement de la taille de l'animal, toujours très élevée à la naissance, de son accroissement toujours rapide, mais encore de son aptitude à vivre d'aliments végétaux, ou pour parler plus exactement, de l'obligation dans laquelle il se trouve d'avoir recours à cette nourriture dès le dixième ou le quinzième jour ; le lait devient alors pour lui, moins un aliment de croissance qu'une boisson salée (nous verrons que la soude prédomine beaucoup dans ce liquide) indispensable à la digestion des matières végétales, et aux phénomènes d'hydro-diffusion si intenses dans ce jeune organisme.

Dans le lait de chèvre, comme dans le lait de chamelle, la quantité de chlore est très élevée

relativement à la quantité de soude ; il est possible qu'une partie du chlore soit combinée au potassium : la forte proportion du chlorure de potassium dans le lait de ces deux femelles est peut-être en rapport avec la nature des aliments solides dont se nourrissent leurs petits (végétaux sous-frutescents, frutescents ou arborescents).

Le cas inverse se présente dans le lait d'ânesse, très peu chloré et assez sodique ; il est permis de supposer qu'ici la soude est unie à l'acide phosphorique.

Rien de particulier à signaler pour les autres laits.

En résumé, les éléments d'une démonstration rigoureuse nous manquent encore pour formuler la deuxième loi de l'adaptation minérale du lait, *a fortiori*, nous ne pouvons établir complètement l'analogie, la différence ou l'opposition des besoins des jeunes animaux relativement au phosphore, à la chaux et à la magnésie d'un côté ; au chlore, à la potasse et à la soude, d'un autre côté, si ce n'est dans les cas particuliers que nous venons d'examiner.

B. — *Les cendres du lait dans les diverses races d'une même espèce.*

Il faut distinguer les races suivant leur taille, suivant leur degré de perfectionnement et suivant les pays qu'elles habitent.

D'une manière générale, le lait des races de petite taille est plus minéralisé que celui des

racés de grande taille ; il est surtout plus riche en phosphore et métaux terreux. L'exemple le plus remarquable que nous puissions citer est celui de la chèvre naine de Guinée, dont le lait contient environ 6 grammes de phosphore et terres par litre, tandis que le lait de chèvre ordinaire en renferme à peine 4 grammes.

Il est certain que cette richesse du lait de la chèvre naine en matériaux de croissance est en rapport avec le petit volume, la dépendance relativement à l'alimentation lactée et le développement rapide des chevreaux nouveau-nés ; elle se traduit, du reste, lors de la caséification, soit *in vitro*, soit dans l'estomac, par le volume énorme du fromage et la faible quantité de lactosérum.

Toujours le lait des races dites perfectionnées, c'est-à-dire très précoces, à squelette réduit surtout dans les membres et la tête, etc... est plus phosphaté et plus calcique que le lait des races rustiques à évolution lente, à squelette puissant. Encore ici, on peut établir une relation entre la composition du lait et l'état du nouveau-né ; dans les races perfectionnées, les petits naissent très imparfaits, incapables de digérer un aliment autre que le lait ; ils doivent puiser dans le liquide les matériaux de leur rapide développement ; dans les races rustiques, au contraire, les petits viennent au monde dans un certain état de perfection physique ; ils apportent de puissantes réserves ; ils sont bientôt aptes à se nourrir d'aliments solides et d'y prendre en partie les éléments de leur lente croissance.

Enfin, toutes choses égales d'ailleurs, le lait des races des pays chauds est plus minéralisé que celui des pays tempérés : ainsi le lait de chèvre de Nubie donne au moins 9 grammes de cendres par litre.

Ce fait intéressant est assez facile à interpréter. Dans cette partie de l'Égypte et de l'Algérie où nous avons pris les échantillons de lait dont on trouvera plus tard l'analyse complète, les plantes sont rares ; leurs tissus sont secs et ligneux : conséquemment les animaux qui s'en nourrissent doivent ingérer une quantité assez considérable d'eau. Les jeunes herbivores qui commencent à prendre des aliments solides se trouvent dans une situation particulièrement critique ; non-seulement ils n'ont à leur disposition que des végétaux denses et secs ; non-seulement ils doivent prendre, en grande quantité à la fois, l'eau potable qu'ils ne rencontrent que rarement, mais encore ces plantes et cette eau ne leur apportent pas la quantité de chlorures alcalins nécessaire à la formation des liquides organiques et de leurs dépendances, en particulier de sucs digestifs. On comprend, par suite, que le lait destiné à ces jeunes êtres leur fournisse le chlore, la potasse ou la soude qu'ils se procureraient si difficilement ailleurs ; tout en conservant son rôle comme aliment de croissance ce liquide acquiert dans ces circonstances une importance particulière comme boisson (il serait plus exact de dire comme aliment complémentaire de l'alimentation solide).

C. — *Variations des cendres du lait suivant l'état du fœtus, son espèce, son sexe, etc.*

Déjà, à diverses époques, des hygiénistes ont prétendu que le lait d'une nourrice accouchée d'un garçon était préférable au lait d'une nourrice accouchée d'une fille; mais on n'a tenu presque aucun compte de leurs observations: il était, en effet, fort difficile de vérifier le fait. Déjà, dans plusieurs régions d'élevage, les agriculteurs ont émis l'idée que la durée de la gestation variait suivant le sexe du fœtus; mais on n'a pas cherché à contrôler leurs assertions; ce qui, pourtant, était bien facile.

A priori, cependant, il semble que le fœtus, agissant et réagissant constamment sur l'organisme maternel, doit fatalement le modifier dans une certaine mesure; il est naturel de supposer, tout au moins, qu'il agit sur le développement de la glande mammaire, et sur tout ce qui touche à la formation du lait dont il se nourrira durant la phase extra-utérine de cette période de la vie où il dépend plus ou moins complètement de sa mère.

Les considérations que nous venons d'exposer sur l'adaptation minérale du lait aux nouveau-nés chez les diverses espèces et les diverses races; en particulier l'augmentation de phosphore et des terres dans le lait des races précoces coïncidant avec la débilité croissante des petits que les femelles appartenant à ces races, mettent au monde, viennent à l'appui de cette idée *a priori*.

D'autre part, d'après un certain nombre d'observations très récentes, nous croyons que le lait produit par des chèvres ayant mis bas un ou plusieurs chevreaux, est plus favorable à la croissance que celui des chèvres ayant mis bas une ou plusieurs chevrettes : nous nous proposons de faire, plus tard, quelques déterminations sur ce sujet.

En attendant nous avons voulu vérifier, dans un cas qu'on pourrait appeler extrême et qui s'offrait naturellement à notre examen, l'influence du fœtus sur la composition chimique du lait qui lui est destiné ; il serait plus précis de dire : *l'influence du fœtus sur la période préparatoire de la sécrétion lactée.*

Ainsi qu'on l'a déjà vu, ainsi qu'on le verra plus tard, le lait de jument et le lait d'ânesse diffèrent énormément à certains points de vue : le premier est très riche en chlore et très pauvre en phosphore et terres ; le second est très pauvre en chlore et très riche en phosphore et terres. Par suite, s'il est vrai que le fœtus modifie la sécrétion mammaire, le lait de la jument mulassière présentera une teneur en chlore, acide phosphorique, chaux et magnésie intermédiaire à celle des deux laits précédents. Et effectivement, tandis que les laits de jument poulinière que nous avons analysés contiennent environ 3 grammes de chlore, 0, 7 d'acide phosphorique et 0, 6 de chaux par litre, le lait de jument mulassière renferme, sous le même volume, 0 gr. 6 de chlore, 1 gr. 2 d'acide phosphorique et 1 gr. 2 de chaux.

Nous n'avons pas besoin de faire ressortir lon-

guement les conséquences qui découlent de la démonstration nette, dans un cas particulier de l'influence du fœtus sur la mère ; elle atteint gravement l'idée de l'infection maternelle qu'on aurait plus justement dénommée l'imprégnation de la femelle par le mâle, dans l'acte de la fécondation : cette idée est, du reste, d'apparence assez méthaphysique pour que, de prime abord, on puisse l'éliminer, elle et l'expression impropre qui la traduit. Puisque le fœtus réagit sur l'organisme de la mère de façon à lui imprimer certaines modifications dont la nature, l'intensité et la persistance sont sans doute extrêmement variables suivant l'état des deux organismes et les conditions dans lesquelles ils vivent ; puisque, d'autre part, l'organisation du fœtus dépend plus ou moins du procréateur mâle, on s'explique *l'influence indirecte* de ce dernier sur le procréateur femelle et le retentissement inévitable, quoique extrêmement inégal, d'un premier accouplement sur le produit de tous ceux qui le suivront.

D. — *Les cendres du lait chez le même individu.*

Il est certain que l'*individualité* influe beaucoup sur la teneur du lait en matières minérales ; mais il est bien difficile de déterminer les raisons de cette influence. Il semble bien que, dans la race caprine dite béarnaise, les types fortement constitués et particulièrement rustiques produisent un lait plus maigre, moins phosphaté-calique que

les autres ; il semble bien que, dans la variété cotentine de la race normande, certains individus donnent, au contraire, un lait très riche en chlore et en métaux alcalins, mais les observations que nous avons faites, sur ce sujet, ne sont ni assez nombreuses ni assez générales pour nous autoriser à établir ici le rôle de l'individualité dans les variations de la composition minérale du lait : aussi abordons-nous tout de suite l'étude du lait chez le même individu.

A côté du poids total des cendres, nous indiquerons celui du phosphore et des terres qui nous intéresse d'une façon spéciale.

Un grand nombre de causes font varier le premier et plus encore le second ; nous examinerons successivement celles qui sont relatives à l'animal lui-même, et celles qui concernent plus particulièrement la glande mammaire.

1^{re} Influence de l'âge. — De tout temps les praticiens ont considéré le lait des jeunes bêtes et celui des bêtes vieilles comme différant essentiellement ; ils savent, par exemple, que dans les espèces bovine et caprine, le premier convient peu à la production du fromage, le second à celle du beurre.

Au point de vue de la constitution minérale, ces laits présentent des différences qui expliquent, en partie, leur destination économique différente ; le poids total des cendres varie peu, il est vrai, mais celui du phosphore et des terres, par contre, varie considérablement.

La composition minérale si particulière du lait

des bêtes jeunes provient surtout, selon nous, de la *croissance*; et ce qui semble le démontrer, c'est que, dans les cas assez nombreux où le développement de ces animaux est très retardé, presque arrêté, par une activité très grande de la mamelle, cette composition est à peu près la même que celle du lait des bêtes adultes.

Une jeune chèvre béarnaise, à croissance très rapide, a fourni en mai et juin 1892, alors qu'elle vivait au bois et que l'activité de la mamelle était dans son plein, un lait remarquablement pauvre en phosphore et terres (2 gr. 3 environ); l'année suivante, à la même époque et dans des conditions d'hygiène et d'alimentation identiques, son lait contenait une quantité de phosphore et de terres supérieure d'un tiers environ à la précédente. Dans les deux cas, la proportion de chlore et de métaux alcalins était inverse, de celle de phosphore et de terres : finalement le poids total de cendres variait peu : il était même un peu plus élevé dans le lait de la chevrette, en raison de l'abondance du chlore et de la soude sur laquelle nous reviendrons bientôt.

Nous avons observé des différences analogues, quoique moins accusées, entre la génisse et la vache adulte dans la race normande ; le lait de la première est toujours moins phosphaté et moins calcique que celui de la seconde.

2° *Influence de la grossesse.* — D'après les recherches que nous avons faites sur la vache, nous croyons qu'on a beaucoup exagéré, en général, l'influence de la grossesse sur la composition

minérale du lait : le phosphore, la chaux et la magnésie augmentent bien un peu à partir du quatrième ou du cinquième mois de la gravidité, mais cette augmentation est peu de chose relativement aux transformations qui s'opèrent dans les autres principes immédiats et particulièrement dans la graisse.

Un fait qui nous a beaucoup surpris, c'est le changement profond que subit le lait lorsque l'activité de la mamelle touche à sa fin, c'est-à-dire vers la fin du septième mois de la gestation chez les vaches normandes que nous avons étudiées. En quelques jours ce liquide devient jaune, épais, extrêmement riche en crème blanchâtre, comme le colostrum du troisième au quatrième jour ; pendant l'incinération il dégage une odeur sulfydrique très prononcée que nous n'avons retrouvée au même degré dans aucun autre lait. A ce moment la quantité de phosphore, de chaux, de magnésie et de soude augmente, tandis que le chlore et la potasse diminuent ; mais le gros fromage mou qu'engendre ce lait, traité par la présure, dépend beaucoup plus de la proportion et de la nature de la matière grasse, du peu d'intensité de la fermentation lactique, que de l'ascension, toujours faible, du phosphore et de la chaux.

En somme l'augmentation de la soude, trop importante pour ne pas y revenir dans la suite, compense largement la diminution de la potasse, celle du phosphore et des terres, la diminution du chlore, si bien que le poids total de cendres s'élève plutôt qu'il ne s'abaisse dans cette phase

ultime de la lactation chez les femelles pleines.

3° *Influence du régime.* — Chez une même femelle laitière, le poids des cendres fournies par le lait varie très sensiblement avec le régime ; nous avons vérifié ce fait sur la chèvre et sur la vache.

Le régime du vert et le régime du sec donnent les écarts les plus considérables, particulièrement lorsque ce dernier est exclusivement composé de foin ; chez la chèvre le lait produit par le régime du vert contient près d'un gramme de matières minérales de plus que le lait produit par le régime du sec ; chez la vache les différences sont habituellement plus grandes.

Il est à remarquer que le régime du foin de première coupe (foin très mûr, peu feuillu et très tigeux) qui engendre le lait le moins minéralisé, est aussi celui qui produit le lait le plus gras : nous avons étudié certains échantillons presque incaséifiables et extrêmement difficiles à dessécher ; le poids de cendres tombait alors à 6 grammes par litre et au-dessous. La petite quantité d'eau d'organisation, la faible proportion de matière albuminoïde assimilable et la teneur élevée en graisse du fourrage dont il s'agit expliquent en partie sa faible action lactogène, et la composition du lait que les femelles herbivores produisent sous son influence.

4° *Influence de l'âge de la sécrétion : variations du poids total de cendres pendant une période de lactation chez la chèvre.* — C'est là un des points les plus intéressants de l'histoire

du lait considéré au point de vue de sa composition minérale; les variations ne sont pas très grandes, il est vrai, mais elles n'en influent pas moins très sensiblement sur les propriétés physiologiques de ce liquide.

Comme on peut s'en convaincre par l'examen de la *figure 4*, le poids de cendres, très élevé au début, s'abaisse rapidement pendant les premiers jours de la lactation; puis il reste à peu près stationnaire pendant le premier et le deuxième mois; il descend très légèrement ensuite pour atteindre son minimum vers la fin du troisième mois. A partir de cette époque le poids des cendres remonte lentement pour atteindre et dépasser même le niveau qu'il avait immédiatement après la mise bas.

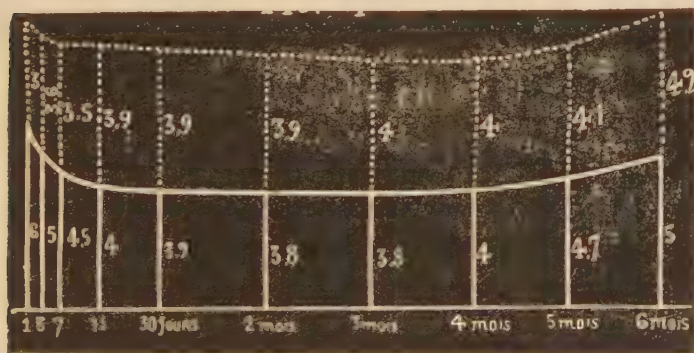


FIG. 4.

Variation du poids des cendres, par litre de lait, pendant une période de lactation (chèvre).

Si nous considérons séparément, d'une part le phosphore et les terres, d'autre part le chlore et les métaux alcalins, nous voyons que, pendant la phase colostrale, la diminution rapide du poids

des cendres tient uniquement à celle du phosphore et des terres : le chlore et les métaux alcalins augmentent plutôt qu'ils ne diminuent ; dans la deuxième moitié de la lactation, l'élévation du taux de cendres est due non-seulement au phosphore et aux terres mais encore à la soude.

La ligne pointillée montre que les éléments minéraux du lait que nous avons qualifiés du nom d'éléments de croissance, présentent leur poids maximum immédiatement après la mise bas ; ils diminuent très rapidement durant la première semaine, très lentement ensuite pendant le premier et le deuxième mois, pour atteindre leur minimum vers la fin du troisième mois. A partir de ce moment ils s'élèvent mais très lentement, jusqu'à la fin de la lactation.

Les variations du phosphore et des terres pendant la première moitié de la lactation sont bien en rapport avec celles de la croissance des chevreaux ; elles sont du même ordre, du reste, chez toutes les espèces que nous avons étudiées ; mais l'ascension de ces éléments vers la fin de la lactation que nous avons vérifiée seulement chez la chèvre, n'est pas aussi facile à interpréter.

Cependant le phosphore et la chaux, pour ne tenir compte que des deux principaux éléments minéraux de croissance, ne sont probablement pas sous le même état dans le jeune lait et dans le vieux lait : la démonstration d'un fait aussi important est malheureusement difficile pour ne pas dire impossible, rigoureusement parlant. La richesse du colostrum en matières albuminoïdes

et en graisses (lecithine ou autres) : les modifications qu'il subit sous l'influence des ferments digestifs et particulièrement de la caséine pepsine, semblent indiquer que le phosphore et la chaux y sont en grande partie combinés à ces divers principes immédiats ; la pauvreté du vieux lait en albumine et en graisse phosphorée, sa richesse en caséine, les modifications qu'il subit sous l'action de la présure font supposer, au contraire, qu'une partie du phosphore et de la chaux s'y trouvent à l'état d'une combinaison phosphatée-calcique.

5^e *Influence de l'âge du lait relativement à l'instant où il a été sécrété : modifications chimiques que subit le lait dans la mamelle.* — Dans le précédent paragraphe nous avons étudié les variations des cendres du lait pendant une période de lactation, c'est-à-dire suivant l'âge de la sécrétion mammaire ; nous allons maintenant examiner les modifications que subit ce liquide dans la mamelle, c'est-à-dire suivant son âge relativement à l'instant où il a été sécrété.

Tous les praticiens qui, de près ou de loin, s'occupent de la production du lait, savent que ce liquide devient séreux, pauvre en crème, par conséquent peu rapide et peu nourrissant, lorsqu'il séjourne longtemps dans la mamelle. Nous avons fait quelques déterminations sur ce point intéressant ; nous avons vu que le lait qui a séjourné longtemps dans la mamelle est très riche en petits globules, très pauvre en globules gros et moyens, les seuls qui se séparent du reste du liquide pour former la crème ; sous l'action de la présure il

engendre un fromage très petit, mais très dur, corné pour ainsi dire. Si ce lait est peu fromageux, cela tient uniquement à la faible quantité de graisse et spécialement de la graisse à gros globules qu'il renferme ; la matière minérale est au contraire plus abondante que dans le lait récemment sécrété. Nous reviendrons plus tard sur la constitution de cette matière minérale ; pour l'instant nous l'envisagerons seulement dans sa totalité.

Chez une chèvre grande laitière, traite toutes les 24 heures, le lait donnait un poids de cendres de 9 grammes par litre ; avec deux traites quotidiennes le poids des cendres tomba à 6 gr. 5.

Chez la vache le lait contenu dans la mamelle se modifie dans le même sens, et avec non moins d'intensité.

6° *Variations des cendres du lait suivant la disposition physique qu'affecte ce liquide dans la mamelle.* — L'augmentation de la crème du commencement à la fin de la traite est un fait bien connu de tous les agriculteurs ; les savants qui ont constaté ce phénomène ou qui y ont cru sur parole, ont cherché naturellement à l'expliquer. L'hypothèse la plus simple consistait à admettre que, dans la mamelle comme *in vitro*, la crème s'élève à la surface du lait sous l'influence de la pesanteur ; malheureusement cette dernière force n'est pas la seule, n'est même pas la principale cause de la disposition physique qu'affecte le lait dans son réservoir naturel. Avant d'exposer une hypothèse nouvelle plus satisfaisante, nous

tenons à faire connaître les déterminations que nous avons faites, chez la vache, sur les variations du lait aux différents instants de la traite.

Le lait qui s'écoule d'abord de la mamelle est d'une couleur blanc-bleuâtre et d'un goût fade ; abandonné à l'air libre pendant 24 heures, il ne présente qu'une couche insignifiante, presque nulle d'une crème grisâtre et peu sapide. L'examen microscopique révèle dans ce liquide une quantité extrêmement faible de globules moyennement grands, et une quantité innombrable de très petits globulins à mouvements browniens formant une sorte de poussière mobile qui garnit le fond de la préparation.

Ce lait coagule lentement, mais très complètement ; il forme un bouchon qui se rétracte peu à peu en prenant une consistance dure, presque cornée ; laissé pendant 24 heures dans une étuve à 38°, le fromage engendré par 20 cc. de lait ne pèse guère que 1 gr. 8 à 2 grammes.

A la fin de la traite, le lait est d'une couleur jaunâtre et d'un goût très agréable ; abandonné à l'air libre pendant 24 heures, il présente une quantité énorme (1/4 et même 1/3) d'une crème très jaune et très sapide. L'examen microscopique révèle dans ce liquide une énorme quantité de globules : les plus gros, qui sont aussi les plus colorés, faisaient absolument défaut dans la première portion de la traite ; les petits globulins à mouvements browniens sont peu visibles.

Ce lait coagule très vite et très complètement ; il forme un bouchon qui se rétracte lentement et

reste gras, mou, friable ; laissé pendant 24 heures à l'étuve à 38°, le fromage engendré par 20 cc. de lait pèse 4 à 5 grammes.

Contrairement à ce que fait présupposer le poids des deux fromages, la première portion est plus riche que la dernière en matière minérale ; la différence est d'un demi-gramme au moins par litre.

Nous verrons plus tard les variations individuelles de l'élément minéral du lait dans le cours d'une même traite, et les conséquences qu'on peut en tirer au point de vue de la coagulation de ce liquide ; faisons remarquer seulement, pour l'instant, que la dernière portion de la traite est beaucoup plus fromageuse que la première, quoique moins minéralisée.

Revenons à l'hypothèse qui attribue exclusivement à la pesanteur les différences que nous venons de constater.

D'abord la plupart des vaches sont couchées le matin au moment de la traite, les mamelles refoulées sous le ventre ou étalées sur la litière ; la mulsion étant faite dès que ces animaux sont debout, on ne peut admettre que les divers globules du lait aient le temps de se disposer par ordre de densité.

Chez les femmes on observe un fait qui seul suffirait à démontrer l'insuffisance de la précédente hypothèse. Quelle que soit la position prise par une nourrice pendant la nuit (décubitus latéral, dorsal, etc.) le lait qui s'écoule le premier du sein le matin est extrêmement maigre ; bon nombre

de femmes le rejettent comme insuffisamment nutritif.

Pour nous les différences que présentent les diverses portions d'une même traite tiennent à plus ieurs causes :

1° Les gros globules adhèrent plus fortement que les globules moyens, et ceux-ci plus fortement que les petits aux parois des culs-de-sac glandulaires, et du système excréteur ; et cela non pas seulement à cause de leurs propriétés physiques, mais encore à cause de leur vitalité d'autant plus grande, sans doute, qu'ils sont plus gros ;

2° La gravité agit sans doute sur les éléments figurés du lait, et tend à les diviser en plusieurs couches ; mais son action est incomparablement inférieure à celle de la force adhésive dont nous venons de parler ;

3° Enfin, l'on oublie trop souvent que la glande mammaire secrète très abondamment pendant la mulsion ; dans le cas surtout où la vache éprouve une sensation très agréable, la quantité de lait fournie par une traite est supérieure de beaucoup à celle qui existait dans la mamelle au début de la traite. Or, le lait sécrété pendant cette opération ne séjourne pas assez longtemps dans son réservoir naturel pour y subir les modifications signalées plus haut ; il est extrêmement riche en gros globules jaunes qui viendront augmenter le nombre de ceux que la force adhésive ou la gravité ont maintenus dans l'intérieur même de la glande.

E. — *Cendres de la crème et du lait sûr, lors de l'écremage naturel ou spontané.*

Lorsque le lait de vache est laissé au repos pendant un certain temps, tous les gros globules et la plus grande partie des globules moyens montent à la surface ; ils constituent la portion la plus importante de la *crème* qu'on pourrait appeler *spontanée* par opposition à celle que l'on obtient par des appareils centrifuges.

Quant au lait situé au-dessous, on l'appelle généralement lait sûr parce qu'il s'acidifie très vite ; après l'enlèvement de la crème, on le désigne plus communément sous le nom de lait écrémé ; il convient de l'appeler *lait écrémé naturellement* ou *spontanément* pour le distinguer du lait écrémé par les turbines.

Nous avons analysé, au point de vue de la constitution minérale, la crème très jaune et très aromatique d'un jeune lait de vache ; le poids de cendres était de 4 gr. 5 environ par litre, c'est-à-dire inférieur de 3 gr. 5 au poids des cendres fournies par le lait lui-même.

Ainsi que nous le verrons plus tard, cette diminution ne porte pas également sur tous les éléments minéraux ; elle est plus forte pour le chlore et la chaux que pour l'acide phosphorique, pour la potasse que pour la soude.

Quant au lait sûr il a, naturellement, une composition minérale complémentaire, pourrait-on

dire, de celle de la crème, le poids des cendres est plus élevé que dans le lait doux (c'est ainsi qu'on désigne le lait ordinaire dans l'industrie beurrière); *a fortiori* il l'est plus que dans la crème; et l'augmentation ne porte pas également sur tous les éléments minéraux: elle est plus forte pour le chlore et la chaux que pour l'acide phosphorique, pour l'acide phosphorique que pour la potasse, pour la potasse que pour la soude.

F. — *Cendres de la crème et du lait turbiné
lors de l'écrémage centrifuge.*

Le poids des cendres de la crème obtenue par les appareils centrifuges se rapproche plus ou moins du poids des cendres fournies par la crème spontanée; tout dépend des conditions de l'épuisement.

Lorsque les globules gros et moyens sont complètement séparés du reste du lait comme cela arrive dans l'écrémage à 10 0 0 de certains colostrum de vache, la crème turbinée est moins minéralisée que la crème spontanée; plus l'écrémage centrifuge est imparfait et plus les poids des cendres des deux crèmes se rapprochent.

G. — *Cendres du lait de beurre.*

Le lait de beurre provenant du barattage de la crème obtenue par les appareils centrifuges, est plus minéralisé que la crème elle-même, il l'est

moins que le lait qui a fourni la crème. Nous verrons plus loin que les cendres du lait de beurre sont assez riches en phosphore et terre, mais qu'elles sont pauvres en métaux alcalins : c'est de là que vient la diminution du poids total de cendres comparé à celui du lait de vache ordinaire.

H. — *Cendres du fromage et du petit-lait dans la caséification du lait ordinaire.*

Si on ajoute 10 cc. d'une solution de présure à 480 cc. de lait de vache on obtient un fromage qui, sous l'influence d'une température de 38° environ, expulse 200 cc. de sérum avant de subir la fermentation lactique.

Par l'incinération, ce lactosérum fournit environ 1 gr. 4 de cendres assez charbonneuses dont nous verrons plus loin la composition ; nous ferons remarquer seulement, pour l'instant, que ce poids de cendres est inférieur à celui des cendres fournies par le lait lui-même, d'un gramme à deux grammes par litre ; à plus forte raison la teneur minérale du lactosérum est-elle inférieure à celle du fromage qui, dans le cas précédent, contenait 10 grammes de cendres environ par litre.

La richesse minérale du lactosérum varie, du reste, suivant le moment où le lait dont il provient a été soumis à l'action de la présure ; dans une détermination que nous avons faite sur la vache, le lactosérum obtenu par la caséification du lait

chaud sortant de la mamelle a fourni 5 gr. 5 de cendres par litre, tandis que le lactosérum résultant de la mise au présure du même lait 12 heures après la traite a donné 6 gr. 5 de cendres par litre.

Nous avons fait des déterminations analogues sur le lait de chèvre ; les différences entre le lactosérum du lait frais et celui du lait rassis sont moins prononcées que pour le lait de vache, mais elles n'en sont pas moins très évidentes.

Il semble que la portion du phosphate de chaux qui s'isole dans le lait abandonné à l'air libre, et devient par là incapable de participer à la formation du fromage, est moins grande dans le lait de chèvre que dans le lait de vache ; il est possible aussi que l'acidification plus rapide et plus intense du lactosérum fourni par le dernier lait, favorise la dissolution d'une certaine quantité de phosphate de chaux qui, sans cette condition, resterait inclus dans le fromage.

Ce qui est certain, c'est que pour le lait de chèvre et plus encore pour le lait de vache, le caillot obtenu par la présuration de ces liquides au sortir de la mamelle, se rétracte beaucoup moins que celui qui résulte de la caséification de ces laits quelques heures après la traite : nous reviendrons sur ce point à propos de l'acide phosphorique et de la chaux.

7° Relations entre les cendres du lait et la caséification de ce liquide. — On a beaucoup exagéré l'influence du poids des cendres fournies par un lait sur la caséification de ce liquide. De

ce que, généralement, les laits riches en matière minérale, comme ceux de chienne, de brebis, de chèvre et de vache coagulent facilement, complètement, et donnent un gros fromage sous l'action de la présure, il ne s'ensuit pas que tous les laits très minéralisés présentent cette propriété : on rencontre des laits de chienne, de chèvre, de vache même qui ne caillent pas ; le lait de chamelle, dont nous avons signalé plus haut la richesse en matière minérale, produit pourtant un caséum peu volumineux et fragmenté ; le lait de truie est incaséifiable ; il en est de même de certains colostrum, etc. En soutenant que l'adjonction, au lait de femme, d'une certaine quantité de chlorure de sodium ou de phosphate de potasse communiquait à ce liquide la propriété de cailler comme le lait de vache, Dögel a certainement commis une erreur ; en considérant la chaux du lait comme dominant certains phénomènes de caséification (forme et dimension du fromage, etc.), Arthus et moi avons sûrement exagéré l'influence de cette substance. Nous avons observé récemment deux échantillons de lait provenant du même animal (chèvre), et ayant la même composition minérale (quantitativement et qualitativement), dont l'un était très coagulable et l'autre presque complètement insensible à l'action de la présure ; le premier avait été produit sous l'influence d'un régime constitué par du regain de luzerne, du son et des betteraves, et l'autre par un régime composé des sommités fleuries et grainées du lierre d'Irlande.

Nous ne voulons pas dire par là que le poids des cendres ou plus exactement celui du phosphore et des terres n'ait pas un grand rôle dans la production du fromage ; mais d'autres conditions interviennent, avec non moins d'efficacité, dans cette phase de la caséification. Dans le cas du régime du lierre signalé ci-dessus, l'incoagulabilité du lait provenait sans doute de la forte proportion de savons contenue dans ce liquide ; ce qui est certain, en tous cas, c'est que le lactosérum obtenu par acidification spontanée était épais, filant comme du mucilage.

Dans d'autres circonstances, l'abondance de l'oléine paraît retarder et même empêcher la coagulation du lait.

Il serait trop long d'examiner ici toutes les causes qui peuvent modifier la caséification du lait, mais il en est une dont nous dirons quelques mots parce qu'on a exagéré singulièrement son influence. On a dit que la caséine dominait dans le lait si fromageux des ruminants, et l'albumine dans le lait toujours peu fromageux, souvent incaséifiable de la femme et des solipèdes.

D'abord, il est très difficile de séparer dans le lait la caséine de l'albumine (M. Arthus s'occupant en ce moment de cette question, nous n'insisterons pas) ; en outre, parmi les femelles des ruminants, la chamelle produit un lait qui, sous l'influence de la présure, engendre un caillé fin et grenu ; parmi les solipèdes, l'ânesse donne souvent un lait presque aussi fromageux que le précédent ; enfin le lait de chienne qu'on dit si riche en

albumine ; ce lait qui, en tout cas, diffère considérablement de celui des ruminants, est habituellement très caséifiable et on ne peut plus fromageux : les différences d'organisation qui ont permis de séparer les animaux supérieurs en différents ordres, exercent certainement une influence sur la composition chimique du lait et, conséquemment, sur sa caséification, mais elles ne sont pas aussi dominatrices qu'on l'a supposé jusqu'ici.

Eléments minéraux du lait considérés isolément.

Nous étudierons successivement le chlore et le phosphore, la chaux et la magnésie, la potasse et la soude, le fer.

Chlore. — Jusqu'ici on a généralement admis que le chlore est combiné à la soude dans le lait, et on n'a accordé à cet élément qu'une médiocre importance ; il en sera tout autrement dans le présent travail.

Nous conformant à la méthode déjà adoptée nous étudierons le chlore : 1° dans le lait des diverses espèces ; 2° dans le lait des diverses races ; 3° dans le lait d'un même individu : dans ce cas nous examinerons l'influence de l'âge, du régime, etc. ; 4° dans la crème et le lait écrémé ; 5° dans le fromage et le petit lait, etc.

A. — *Le chlore dans le lait des diverses espèces.*

La *figure 5* représente le poids de chlore contenu dans un litre de lait chez les animaux qui nous

intéressent le plus ici ; on voit que ce poids s'élève assez rapidement de l'ânesse à la femme, de la femme à la vache et la brebis, de la vache et la brebis à la chienne et la chèvre ; plus rapidement encore de ces dernières à la jument et la chamelle. Quoique le lait de vache contienne généralement un peu plus de chlore que le lait de brebis ; quoique celui de chèvre soit également un peu supérieur à celui de chienne sous le même rapport, quoique le lait de chamelle que nous avons analysé soit un peu plus chloré que le lait de jument, nous avons réuni ici ces femelles deux à deux, nous réservant de faire entre elles une légère distinction lorsque nous établirons un rapport entre le chlore et l'acide phosphorique des différents laits.

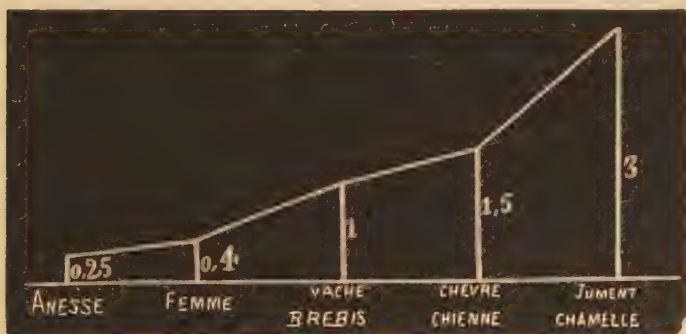


FIG. 5

Poids de chlore, par litre de lait, chez les diverses espèces.

Il est curieux de constater que les termes extrêmes sont représentés par l'ânesse et la jument, deux femelles aussi rapprochées que possible au point de vue de leur organisation.

La quantité de chlore contenue dans un lait

n'est pas nécessairement en rapport avec la quantité de soude ; nous verrons plus tard que le lait de chamelle, si chloré, contient à peine 1 gramme de soude par litre ; celui de chèvre n'en renferme habituellement qu'un demi gramme, un peu moins que le lait de vache dont la teneur en chlore est cependant plus faible, etc.

C'est donc bien à tort qu'on a supposé le chlore combiné intégralement à la soude dans le lait ; il est très probable qu'il y a, dans ce liquide, du chlorure de sodium, mais une partie du chlore est certainement unie à d'autres substances, soit aux métaux (calcium ou potassium), ou soit aux matières grasses (chlorhydrines), etc.

Quoique, d'une manière générale, un lait très chloré soit peu phosphaté et réciproquement, on ne peut pas dire non plus que la proportion de chlore, dans un lait, soit toujours inverse de celle de phosphore : le lait de chienne, extrêmement riche en phosphore, renferme cependant une notable proportion de chlore ; le lait de chèvre est aussi très phosphaté, quoique à un moindre degré, et fortement chloré, etc. Ce rapport inverse serait vrai plutôt pour un même lait considéré pendant une période de lactation, ainsi que nous le verrons dans la suite (1).

1. D'une manière générale aussi mais non toujours, la teneur d'un lait en chlore est en rapport avec la teneur en métaux alcalins (potasse et soude) ; le lait de jument est peu potassique, mais très sodique ; celui de chamelle est moyennement sodique, mais très potassique, etc. ; pourtant le lait de chèvre et le lait de chienne ne sont pas plus riches en métaux alcalins que ceux de vache et de brebis, et ils sont cependant plus chlorés.

Y a-t-il une relation entre la teneur d'un lait en chlore et les besoins des jeunes êtres auxquels ce liquide est destiné ? C'est infiniment probable ; mais il est bien difficile de le démontrer. Cependant si l'on tient compte de l'abondance du chlore dans les laits de chamelle et de jument ; si l'on remarque encore que la teneur en chlore du lait de certaines espèces est beaucoup plus élevée dans les pays chauds et secs que dans les pays froids et humides, ainsi que nous le démontrerons plus tard, on ne peut s'empêcher d'accorder à cet élément ou mieux à ces combinaisons un rôle spécial dans la constitution de l'aliment liquide complémentaire de l'aliment solide et indispensable à sa digestion.

B. — *Chlore dans le lait des diverses races.*

Nous avons comparé sous ce rapport diverses races bovines et caprines.

De toutes les races bovines que nous avons étudiées la race normande dite cotentine est incontestablement celle qui produit le lait le plus chloré ; il n'est pas rare de trouver 1 gr. 3 et même 1 gr. 5 de chlore par litre de lait. Parmi les races caprines nous constatons des différences assez sensibles entre la race auvergnate, la race béarnaise et la race nubienne ; avec une alimentation à peu près identique, la quantité de chlore contenue dans le lait s'élève de la première à la seconde et de la seconde à la troisième : elle atteint facilement 2 grammes par litre chez cette dernière.

Nous verrons dans la suite que ce lait très chloré de la chèvre nubienne est aussi très riche en potasse ; il se rapproche beaucoup à ce point de vue du lait de chamelle. Ces deux femelles vivant sous des climats brûlants où l'eau est rare et les végétaux très denses, très secs, il semble que leur lait soit chargé de fournir pendant longtemps aux petits qu'elles élèvent non-seulement l'eau d'organisation mais encore les chlorures alcalins qu'ils trouveraient difficilement, en quantité suffisante, dans les aliments solides.

Sans être absolument affirmatif, nous pouvons signaler une relation entre la teneur en chlore du lait et la rapidité du déplacement chez les diverses espèces et même chez les diverses races ; entre le lait du dromadaire très agile à la course et celui du chameau à l'allure plus lente, nous avons trouvé des différences qui, si elles étaient basées sur un nombre suffisant d'analyses, nous paraîtraient assez significatives.

Du reste cette relation s'impose *a priori*. Dans une même race, les femelles qui se meuvent très rapidement engendrent les petits les plus vigoureux à la naissance, ceux tout au moins dont la croissance est la plus lente ; et c'est justement pour ces jeunes êtres aptes à se nourrir presque dès la naissance d'aliments solides que le lait constitue, outre un aliment de croissance, une boisson chlorée, potassique et sodique indispensable à la formation des liquides organiques et des sucs digestifs, très abondants ici, qui en dérivent.

C. — *Chlore dans le lait d'un même individu.*

Nous avons suivi les variations de la matière minérale du lait pendant une période de lactation chez la chèvre; la *figure 6* représente la teneur du lait en chlore aux phases les plus importantes de cette période.

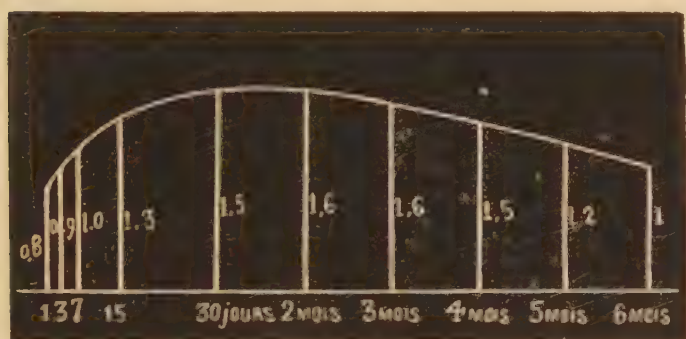


FIG. 6.

Poids de chlore, par litre de lait, aux différentes époques de la lactation (chèvre).

Assez faible au début (0 gr. 8 par litre), la quantité de chlore s'élève d'abord très rapidement jusqu'à la fin du premier mois, puis très lentement jusqu'à la fin du troisième mois environ où elle atteint son maximum (1 gr. 6 par litre); à partir de ce moment la quantité de chlore baisse pour ne plus être que de 1 gramme par litre vers la fin du sixième mois de la lactation.

Nous n'oserions pas affirmer que ces variations de chlore du lait existent chez toutes les femelles domestiques; nous avons vérifié seulement chez

quelques-unes d'entre elles, la pauvreté relative du colostrum en cet élément minéral.

Y a-t-il une relation entre les variations du chlore pendant une période de lactation chez la chèvre et les besoins des jeunes chevreaux relativement à cette substance minérale ?

Il est certain qu'immédiatement après la mise bas, alors que les chevreaux se développent très vite et exclusivement aux dépens du lait, la quantité de chlore contenue dans ce liquide est plus faible qu'à tout autre moment de la lactation ; à mesure que ces jeunes êtres grandissent et deviennent aptes à prendre des aliments solides, la quantité de chlore augmente, comme pour survenir non-seulement à l'expansion des liquides organiques à la formation des jeunes tissus, mais encore à l'élaboration des sucs digestifs.

La descente finale est plus difficile à expliquer ; à premier abord, elle semble paradoxale. Cependant, si l'on songe que dès l'âge de trois mois, les chevreaux sont très aptes à vivre et à se développer aux dépens d'aliments solides et liquides autres que le lait, on comprendra que ce liquide ne leur fournisse plus qu'en petite quantité les chlorures alcalins qu'ils peuvent se procurer facilement par une autre voie.

D'ailleurs, nous verrons plus tard qu'en même temps que le chlore baisse, la soude monte vers la fin de la lactation ; si l'on suppose donc que le chlore dans le lait, est combiné en partie à la soude, en partie à la potasse, en partie à certains principes immédiats, et on pourra admettre que la

première partie augmente tandis que les autres diminuent lorsque l'activité de la mamelle touche à sa fin.

L'influence de l'alimentation sur la teneur du lait en chlore n'est pas douteuse pour nous ; malheureusement il nous est impossible, pour l'instant, de donner les raisons scientifiques de cette influence.

Chez la vache, le régime du foin de prairie abaisse la quantité de chlore ; le régime du foin de trèfle, au contraire, l'augmente ; les germes ou farine de maïs et les carottes rouges jointes au foin de trèfle donneraient le lait le plus chloré.

Chez la chèvre, l'influence de l'alimentation varie beaucoup avec l'âge ; pendant la phase de croissance les feuilles d'arbres produisent un lait très riche en chlore ; dans les cas d'une chevrette béarnaise nourrie au bois, la quantité de chlore s'est élevée au chiffre énorme de 2 gr. 5 par litre de lait.

En général, chez la chèvre adulte, les aliments qui augmentent la quantité de chlore contenu dans le lait sont, en dehors des brindilles, les pommes, les carottes rouges, les plantes des chaumes, notamment la renouée des petits oiseaux, et le pain.

Il ne faudrait pas mesurer l'action des aliments à la proportion de chlore qu'ils renferment ; ainsi le lait de vache pâturant dans les marais d'Aigues-Mortes ne contient que 0 gr. 7 de chlore par litre, et cependant les plantes dont elles se nourrissent (salsolées, glycéria, roseau, etc.), contiennent

nent des quantités énormes de sel marin. Dans un échantillon de foin analysé par M. Girou, chimiste au laboratoire Sorel, la quantité de chlorure de sodium était de près de 30 grammes pour 100 grammes de cendres.

D'après ce qui précède on devine que nous n'accordions qu'une confiance limitée aux recherches qui ont été faites sur l'élimination par la mamelle du chlorure de sodium introduit dans l'alimentation. Voilà, en effet, des vaches qui vivent presque exclusivement de plantes extrêmement riches en sel marin, et leur lait n'est pas plus riche en chlore que celui des bêtes de même ordre nourries, au milieu des continents, de végétaux très pauvres en cette substance. Du reste, en administrant expérimentalement à une vache 60 grammes de sel marin par jour, nous n'avons pas observé d'augmentation sensible dans la quantité de chlore contenue dans le lait : comme pour les vaches pâturent dans les marais d'Aigues-Mortes, la proportion de soude, seule, semble s'élever un peu : nous reviendrons plus tard sur ce fait intéressant.

D. — *Chlore de la crème et du lait sûr dans l'écrémage spontané.*

Il s'agit ici du lait de vache ; l'ascension spontanée de la crème dans le lait de chèvre est trop lente et trop incomplète pour qu'il nous ait été possible de déterminer exactement sa composition minérale.

Dans un jeune lait de vache abandonné à la température de 18° environ, la quantité de crème était, après 40 heures de repos, de 80 centimètres cubes par litre de lait. L'analyse des cendres fournies par l'incinération de cette crème a démontré que la teneur en chlore était de 0 gr. 4 environ par litre de crème, c'est-à-dire environ la moitié de la teneur moyenne du lait de vache en cette substance.

Quant au lait sûr ou lait écrémé il est relativement plus chloré que le lait dont il provient ; mais la différence entre ces deux liquides est peu considérable, ce qui s'explique facilement si l'on considère que le rapport de la crème au lait sûr varie entre 1/8, 1/10, 1/12, 1/13, etc. : dans le cas précédent il était de 1/12 environ.

Nous avons vu précédemment que la crème obtenue dans l'écrémage spontané renferme environ moitié moins de matière minérale que le lait dont elle provient ; la diminution du chlore correspond donc assez exactement à celle des cendres, si bien que pour 100 grammes de ces dernières la quantité de chlore est à peu près la même que pour 100 grammes de cendres provenant de l'incinération du lait.

E. — *Chlore de la crème et du lait turbiné dans l'écrémage centrifuge.*

La crème obtenue par les appareils centrifuges est plus riche en chlore que la crème qui monte spontanément à la surface du lait ; elle en contient

0 gr. 8 à 1 gramme de chlore, c'est-à-dire une quantité sensiblement égale à celle du lait lui-même. Dans le chapitre consacré à la soude, nous chercherons à expliquer cette richesse relative en chlore de la crème turbinée.

F. — *Chlore dans le lait de beurre.*

Le lait de beurre provenant du barattage de la crème turbinée contient en moyenne 0 gr. 9 de chlore par litre, un peu moins en somme que le lait de vache dont il dérive : cette teneur en chlore contraste singulièrement avec la faible quantité de soude, nous pourrions presque dire l'absence de soude, sur laquelle nous reviendrons ultérieurement.

G. — *Chlore du fromage et du petit lait dans la caséification du lait ordinaire.*

Que le lait soit présuré immédiatement au sortir du pis ou longtemps après, la quantité de chlore contenue dans le petit-lait reste sensiblement la même ; mais le partage de cet élément minéral entre le fromage et le lactosérum qu'il expulse est très différent pour le lait de vache et pour le lait de chèvre.

Tandis que dans le premier lait caséifié à un instant quelconque (avant l'acidification spontanée, bien entendu), le fromage et le petit-lait contiennent à peu près la même quantité de chlore ; dans le second lait le petit-lait renferme au moins $1/4$

de chlore de plus que le fromage : nous avons souvent rencontré du lactosérum de chèvre contenant 2 grammes de chlore par litre.

D'où vient cette différence entre ces deux laits ? L'hypothèse la plus simple consiste à admettre d'abord, qu'une partie du chlore se trouve à l'état de chlorure de potassium dans le lait : presque insignifiante dans le lait de vache, la proportion de ce sel serait au contraire assez élevée dans le lait de chèvre ; il faut supposer ensuite que le chlorure de sodium est plus facilement retenu que le chlorure de potassium par la matière grasse et le caséum constituant le fromage.

Ce qui milite en faveur de l'existence, dans le lactosérum de chèvre, du chlorure de potassium ou d'un principe immédiat dans lequel entreraient le chlore et le potassium, c'est l'abondance de la potasse dans les cendres provenant de ce liquide ; il n'est pas rare de trouver 2 gr. 5 de potasse dans un litre de lactosérum de chèvre, tandis que le lactosérum de vache en renferme 1 gr. 5 environ sous le même volume.

2° Acide phosphorique.

Quoique nous ne connaissions pas l'état du phosphore dans le lait, nous le considérons sous la forme d'acide phosphorique afin de pouvoir l'opposer au chlore et autres substances jouant le rôle d'acide, dans la possession des bases du lait.

Si le chlore du lait n'a été jusqu'ici l'objet que

d'un petit nombre de travaux pour des raisons précédemment exposées, l'acide phosphorique contenu dans le même liquide a toujours attiré au contraire l'attention des physiologistes et des chimistes. Tout d'abord, on le supposait à l'état de phosphate de chaux, et on accordait à cette combinaison minérale un rôle presque excessif dans la nutrition et le développement des jeunes êtres ; ensuite on a admis qu'une partie du phosphore contenu dans les cendres du lait provenait de la destruction des lécithines, et l'on a attribué à ces graisses phosphorées un rôle au moins aussi important que celui qu'on accordait jadis au phosphate de chaux ; on a supposé aussi que le phosphate de chaux était combiné à la caséine, et ça été une raison nouvelle d'étudier ce sel et les combinaisons organiques qu'il est capable de former.

Malgré le nombre et la variété de ces travaux, il y a encore beaucoup à dire sur le phosphore du lait et ses combinaisons, possibles ; nous suivrons l'ordre que nous avons adopté dans l'étude du chlore.

A. — *L'acide phosphorique dans le lait des diverses espèces.*

Comme on peut s'en convaincre par l'examen de la *figure 7*, les quantités absolues d'acide phosphorique varient considérablement avec les divers laits. Très faible dans le lait de femme (0 gr. 25 environ par litre); faible dans le lait de jument (0 gr. 8), moyenne dans le lait d'ânesse (1 gr. 2)

et dans celui de chamelle (1 gr. 5), la teneur des cendres en acide phosphorique s'élève rapidement dans les laits de vache et de chèvre (2 gr.), plus rapidement encore dans ceux de brebis (3 gr. 5) et de chienne (4 gr.); si on compare le premier et le dernier terme de cette série on voit que leur rapport est de 1/16, c'est-à-dire qu'il y a seize fois plus d'acide phosphorique dans le lait de chienne que dans celui de femme.

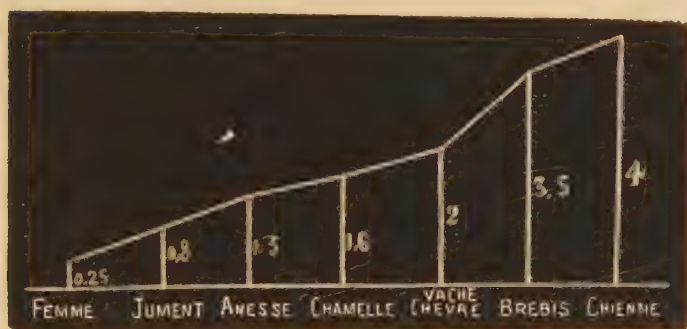


FIG. 7.

Poids d'acide phosphorique, par litre de lait, chez diverses espèces.

Nous croyons inutile de répéter ici la démonstration que nous avons déjà donnée de l'adaptation minérale du lait aux jeunes animaux, au point de vue du phosphore et des terres; les *figures* 2 et 8 concordent, du reste, assez exactement: les animaux y sont disposés dans le même ordre, et les différences qui les séparent sont approximativement les mêmes.

Il est certain, en effet, que la quantité d'acide phosphorique contenue dans un lait est toujours en rapport avec celle des terres, disons de la chaux, pour ne tenir compte que du métal alca-

lino-terreux le plus important. Habituellement il y a, dans le lait, plus d'acide phosphorique que de chaux, $1/10$, $1/8$, $1/6$ même ; mais cet acide et cette base sont en égale quantité dans le lait de chienne et dans certains laits de chèvre ; nous avons même constaté quelquefois chez la chamelle et plus fréquemment chez l'ânesse une prédominance marquée de la chaux sur l'acide phosphorique : dans ce cas on est autorisé à supposer que la chaux est unie à un acide organique (acide carbonique, citrique, etc.), ou qu'elle est libre de toute combinaison saline proprement dite.

B. — *L'acide phosphorique dans le lait des diverses races.*

Les laits produits par les diverses races bovines et caprines diffèrent sensiblement au point de vue de leur teneur en acide phosphorique ; en général les petites races donnent un lait plus phosphaté que les grandes races.

Cela se vérifie surtout pour la chèvre ; dans la race naine dite race de Guinée le lait contient 1 gramme par litre d'acide phosphorique, en plus que le lait de chèvre ordinaire.

Parmi les races bovines il en est une qui, pour des raisons inconnues, produit un lait relativement peu phosphaté : c'est la variété normande dite cotentine. Il n'est pas rare de ne trouver qu'un gramme et demi d'acide phosphorique dans le lait provenant des types les plus perfectionnés de cette remarquable variété.

Entre les diverses races canines il existe, au point de vue de la taille, d'énormes différences ; il est infiniment probable que le lait des petites chiennes est plus phosphaté que celui des grandes ; ce qui est certain c'est qu'il favorise plus que ce dernier le développement des jeunes chiens ou des jeunes fauves, ainsi que l'ont observé de tout temps les éleveurs de chiens et les dompteurs.

C. — *L'acide phosphorique dans le lait d'un même individu.*

a) *Influence de l'âge de l'animal.* — Chez les jeunes femelles en voie de développement, le lait est généralement pauvre en acide phosphorique : chez les génisses de 2 ans 1/2 à 3 ans il en contient à peine 1 gr. 5 ; chez les chevrettes béarnaises de 15 à 18 mois ou 2 ans, une quantité moindre encore. Il se peut cependant que l'activité de la mamelle retarde, arrête même la croissance des femelles très bien douées au point de vue de la sécrétion du lait ; et dès lors les différences précédentes s'effacent à peu près complètement.

b) *Influence de la grossesse.* — Quoique les analyses que nous avons faites sur ce point ne soient pas absolument concordantes, nous pensons que l'acide phosphorique augmente légèrement du commencement à la fin de la grossesse ; dans le cas d'une génisse normande âgée de 3 ans et pleine de 7 mois la quantité d'acide phosphori-

que du lait était de 2 gr. 5 par litre : nous n'avons pas fait de détermination semblable sur les autres femelles laitières.

c) *Influence du régime.* — Contrairement à ce qui est généralement admis, le régime du vert augmente plutôt qu'il ne diminue la quantité d'acide phosphorique contenu dans le lait; certains fourrages verts comme le maïs produisent, chez la vache aussi bien que chez la chèvre, des laits extrêmement phosphatés (3 grammes d'acide phosphorique par litre et plus).

Parmi les fourrages secs la luzerne, particulièrement les dernières coupes dites petits regains (1), donnent un lait plus riche en acide phosphorique que le foin de trèfle et plus encore que le foin de pré; la betterave, la carotte et le gros son de blé ont une influence analogue à celle de la grande luzerne.

d) *Influence de l'âge de la sécrétion mammaire.* — Nous avons constaté, chez tous les grands animaux, la richesse du colostrum en acide phosphorique; mais nous n'avons suivi que chez la chèvre les variations de cette substance pendant une période de lactation : la *figure 8* représente ces variations.

Très élevé dans le lait qui remplit la mamelle au moment de la mise bas (3 g. 2), le taux d'acide phosphorique tombe rapidement (2 gr. 8 le troi-

1. D'après les analyses faites par M. Bonâme, chimiste au laboratoire Sorel, les petits regains de luzerne des environs de Paris, les seuls dont nous ayons étudié l'influence, sont très riches en matières azotées.

sième jour, 2 gr. 6 le septième, 2 gr. le quinzième) pour atteindre, vers la fin du premier mois, un niveau qu'il conservera sensiblement pendant le

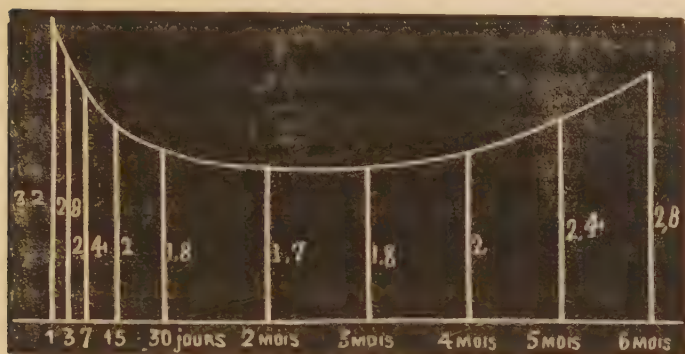


FIG. 8.

Poids d'acide phosphorique, par litre de lait, aux différentes époques de la lactation (chèvre).

deuxième et le troisième mois ; à partir de ce moment il remonte lentement, jusqu'à la fin de la lactation (2 gr. à quatre mois, 2 gr. 5 à cinq mois, 2 gr. 8 à six mois), mais il n'atteint jamais le niveau primitif.

Nous n'avons vérifié que chez la chèvre cette ascension finale de l'acide phosphorique ; elle existe probablement chez la brebis et chez la vache ; par contre, elle pourrait bien manquer chez la femme et chez l'ânesse dont les vieux laits nous ont toujours paru un peu moins phosphatés que les laits d'âge moyen et *a fortiori* que les colostrum.

La richesse du premier lait en acide phosphorique est bien en rapport avec la croissance des nouveau-nés chez toutes les espèces ; mais l'augmentation de la quantité contenue dans le lait de

chèvre dans les derniers mois de la lactation, s'explique plus difficilement. Nous croyons cependant que le vieux lait des ruminants est surtout riche en phosphate de chaux libre ; qu'il est pauvre, au contraire, en acide phosphorique combiné à des matières organiques (caséine, lécithine, etc.) : ce serait l'inverse pour le colostrum. Aussi, considérons-nous ce vieux lait comme propre surtout à la consolidation partielle des os, tandis que le jeune lait est particulièrement favorable à leur développement, aussi bien qu'à celui de tous les tissus jeunes.

e). L'acide phosphorique de la crème et du lait sûr dans l'écrémage spontané. — Ainsi que nous l'avons dit précédemment, la crème est peu minéralisée : l'acide phosphorique participe pour sa part à cette réduction de la matière minérale.

Ainsi 80 centimètres cubes de crème, montés après 40 heures sur un litre de lait, contenaient seulement 0 gr. 10 d'acide phosphorique, c'est-à-dire que la teneur de cette crème en acide phosphorique était de 1 gr. 36 environ par litre.

Il va sans dire que le lait sûr est plus riche en cette substance que le lait ordinaire, d'un tiers, d'un quart, d'un cinquième, suivant les circonstances.

Si on compare les quantités d'acide phosphorique et de chaux, d'abord dans le lait, ensuite dans la crème que ce lait fournit, on constate de notables différences ; dans un cas le rapport de ces deux substances était 1,2/1 pour le lait, il était de 1/0,9 pour la crème ; c'est-à-dire que,

dans cette dernière, la quantité d'acide phosphorique est presque double de celle de la chaux.

Faut-il admettre que l'acide phosphorique est lié à la potasse ou à la soude dans la crème ; la proportion de potasse et plus encore la proportion de soude, sur lesquelles nous reviendrons plus tard, semblent légitimer cette hypothèse.

On peut supposer aussi que la présence de la lécithine dans les gros globules jaunes constituant la crème contribue, pour une légère part, à l'élévation du taux de l'acide phosphorique.

f). L'acide phosphorique de la crème et du lait turbiné. — Nous n'avons pas observé des différences sensibles, sous ce rapport, entre la crème spontanée et la crème turbinée ; il est possible cependant que celle-ci soit un peu plus pauvre en acide phosphorique que celle-là. De même, la teneur en acide phosphorique du lait sûr et du lait écrémé par les turbines est sensiblement la même.

g). L'acide phosphorique du lait de beurre. — Le lait de beurre est plus riche que la crème en acide phosphorique ; sa teneur moyenne est de 1 gr. 7 par litre ; elle est à peu près la même que celle du lait de vache ordinaire.

h). L'acide phosphorique du fromage et du petit-lait. — Dans l'exemple de caséification que nous avons cité à propos du chlore, la quantité d'acide phosphorique du lactosérum était environ de 0 gr. 7 par litre ; c'est-à-dire le tiers de la quantité contenue dans le lait lui-même ; naturellement le fromage renfermait l'acide phosphorique qui manquait dans le lactosérum.

La répartition de l'acide phosphorique dans le caillot et le sérum varie, du reste, suivant une foule de circonstances : la température de caséification, la rétraction du fromage, l'acidité du lactosérum, etc.; pour un même lait, une même température et une même quantité de ferment, elle varie suivant que le lait a été présuré au sortir de la mamelle ou un certain nombre d'heures après la traite.

Nous avons vérifié ce fait pour le lait de vache et pour le lait de chèvre. Sur une traite totale on prélève une certaine quantité de lait qu'on soumet, encore chaud, à l'action de la présure : la coagulation est presque instantanée pour le lait de vache, un peu plus longue pour le lait de chèvre. Le lait caillé est laissé 12 heures à l'étuve à 38°; puis on sépare 200 cc. de lactosérum.

Douze heures après la traite, on prend une certaine quantité de lait froid qu'on traite comme précédemment; la coagulation est plus rapide pour le lait de chèvre que pour le lait de vache, contrairement à ce qui a lieu pour le lait présuré au sortir de la mamelle. Après 12 heures de séjour à l'étuve, les fromages sont plus rétractés que dans la première expérience, celui de vache surtout; les lactosérum sont plus louches : on en prend 200 cc. pour l'analyse des cendres.

Dans les lactosérum provenant de la coagulation du lait au sortir de la mamelle, la quantité d'acide phosphorique est de 1 gramme par litre pour le lait de vache, et de 0,8 pour le lait de chèvre; dans les lactosérum provenant de la coagulation

du lait douze heures après la mulsion, la quantité d'acide phosphorique est de 1 gr. 4 pour le lait de vache et de 1 gramme pour le lait de chèvre.

D'où proviennent ces différences ?

Il semble que certains principes immédiats du lait contenant de l'acide phosphorique, ou mieux du phosphate de chaux (nous verrons que ces deux corps se comportent de la même façon), se détruisent peu à peu à l'air libre, plus rapidement et plus complètement dans le lait de vache que dans celui de chèvre ; le phosphate de chaux ainsi isolé devient incapable de s'associer à la caséine pour la constitution du fromage ; une partie peut-être reste mécaniquement emprisonnée dans les mailles du caséum, mais l'autre passe facilement dans le lactosérum.

Ainsi s'expliqueraient, en partie, certaines particularités de la digestion et de l'assimilation du lait. On sait, par exemple, que les veaux, chevreaux et agneaux qui têtent se développent plus rapidement que ceux qui prennent, *in vitro*, tout le lait produit par leur mère ; les agriculteurs reconnaissent que les jeunes veaux nourris au biquet absorbent une quantité de lait plus grande que celle qui leur serait nécessaire dans l'allaitement direct. Il est très possible que le principe immédiat du lait dont nous avons parlé ci-dessus est très assimilable lorsqu'il est transformé par la présure, tandis qu'après une décomposition plus ou moins complète le rendant indifférent à l'action de ce dernier ferment, il échappe partiellement à l'influence des autres ferments digestifs : l'acide

phosphorique et la chaux qu'il contenait, tout au moins, paraissent moins assimilables.

Ajoutons que si le lait pris directement par succion, est plus nutritif que le lait ingéré après un séjour plus ou moins long *in vitro*, il est aussi d'une digestion plus longue, en raison de sa caséification plus complète dans l'estomac et du fromage plus volumineux qui en résulte.

2° Relations entre le chlore et l'acide phosphorique.

a) Dans les divers laits. — Si nous ne tenons pas compte de l'acide sulfurique, toujours en très faible quantité, quand il existe ; si nous négligeons également les composés organiques à fonction acide qui, pendant l'incinération, se transforment en carbonates, nous pouvons considérer le chlore et l'acide phosphorique comme se disputant la possession des bases contenues dans le lait.

Dans la *figure 9*, les quantités absolues de chlore sont portées sur la ligne des ordonnées, celles d'acide phosphorique sur la ligne des abscisses ; l'angle O est divisé par la droite OP suivant le rapport 2/1 qui se réalise lorsque les équivalents de chlore et d'acide phosphorique sont égaux ($Y/X \times \text{CL}/\text{PO}^5 = 1$ d'où $Y/X = 2$). Par suite, si nous étudions le rapport Y/X du chlore à l'acide phosphorique, tous les laits donnant un rayon vecteur situé dans l'angle POY devront être regardés comme des laits chlorés ; quand le rayon vecteur coïncidera avec OP, le lait sera également chloré et phosphaté ; enfin, lorsqu'il se trouvera dans l'an

gle POX, le lait sera considéré comme phosphaté.

Par l'examen de la *figure 9*, on voit qu'il n'y a qu'un lait chloré, c'est celui de jument pour lequel

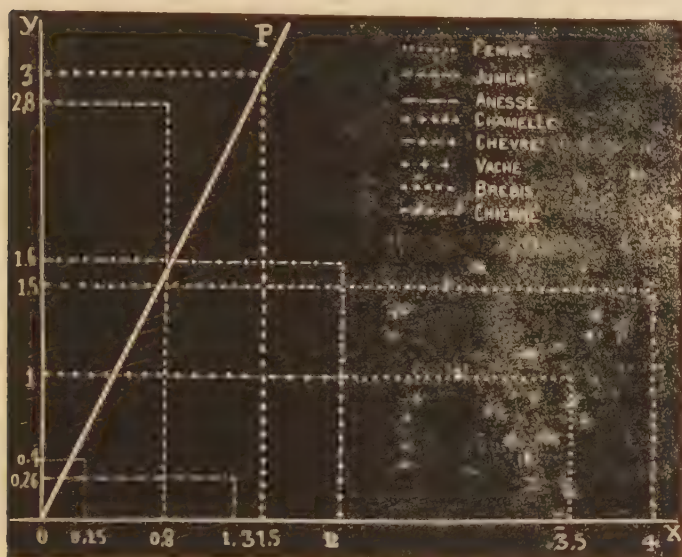


FIG. 9.

Relations du chlore et de l'acide phosphorique dans les divers laits.

le rapport des quantités absolues de chlore et d'acide phosphorique est de 3,5 ; il existe un lait aussi chloré que phosphaté, celui de chamelle : forcément le rapport $CL PO^5 = 2$; le lait de femme est légèrement phosphaté : le rapport $CL PO^5 = 1,6$ en moyenne ; puis vient le lait de chèvre dans lequel $CL PO^5 = 0,8$; le lait de vache est un peu plus phosphaté que le précédent : $CL PO^5 = 0,5$; ce rapport est compris entre 0,3 et 0,4 dans le lait de chienne ; entre 0,2 et 0,3 dans le lait de brebis ; il est seulement de 0,2 dans le lait d'ânesse.

Fait digne de remarque, les laits de jument et d'ânesse forment les deux termes extrêmes de cette

série : le premier est le plus chloré, le second le plus phosphaté ; et cependant, ces deux femelles sont si rapprochées au point de vue de leur organisation ?

b). *Dans un même lait pendant une période de lactation.* — Un troisième facteur, le temps, intervenant ici, nous devons modifier la représentation graphique précédente. Le meilleur moyen consiste à porter les temps sur la ligne des abscisses, et le rapport CL/PO^5 sur la ligne des ordonnées ; de plus il faut tracer parallèlement à la ligne des abscisses une ligne représentant $tg Y/X = 2$, ce qui se réalise, quand il y a autant d'équivalents de base combinés au chlore qu'à l'acide phosphorique considéré comme engagé dans des combinaisons à 2 équivalents : de cette façon on pourra distinguer aussi facilement que précédemment les laits chlorés, situés au-dessus de la tangente des laits phosphatés, situés au-dessus.

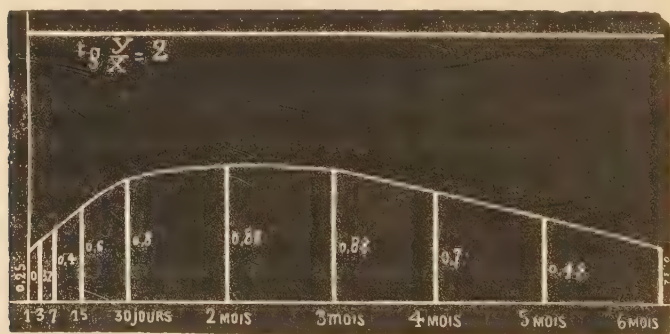


FIG. 10.

Relations du chlore et de l'ac. phosphorique pendant une période de lactation (chèvre).

On voit, d'abord, qu'à aucun moment de la lactation le lait n'est chloré, chez la chèvre ; vers le

deuxième et le troisième mois, alors que la quantité absolue de chlore est presque égale à celle de l'acide phosphorique, le lait est encore deux fois plus phosphaté que chloré, si on tient compte du rapport des équivalents. Avant cette époque le lait est d'autant plus phosphaté qu'on se rapproche davantage de la mise bas : le rapport CL/PO^5 est, en effet, de 0,25 le premier jour, de 0,32 le troisième, de 0,4 le septième, de 0,6 le quinzième, de 0,8 le trentième ; après cette époque le lait est d'autant plus phosphaté au contraire, qu'on s'éloigne davantage de la mise bas : le rapport CL/PO^5 est de 0,7 à 4 mois, de 0,5 à 5 mois, de 0,32 à 6 mois.

La courbe représentée dans la *figure 10* rappelle beaucoup celle du chlore si on la rapporte à la ligne des abscisses, celle de l'acide phosphorique, si on la rapporte à la tangente $X/Y = 2$; cela démontre que les variations de ces deux corps sont généralement inverses, c'est-à-dire que quand l'un augmente l'autre diminue.

Remarquons que, vers la fin de la lactation, le rapport CL/PO^5 est le même que le troisième jour de la période colostrale, ce qui ne veut pas dire que le chlore et le phosphore soient engagés dans les mêmes combinaisons minérales, et se partagent les bases d'une façon identique dans les deux cas.

RELATIONS ENTRE L'ACIDE PHOSPHORIQUE ET LES TERRES.

a). *Chez les diverses espèces.* — Habituellement le lait contient un peu plus d'acide phosphorique que de terres (chaux et magnésie) ; mais il n'est pas rare de constater chez certaines espèces et chez certains individus soumis à un régime particulier, des laits contenant les mêmes quantités absolues de cet acide et de ces bases.

Dans le lait de chienne il y a autant de chaux que d'acide phosphorique ; dans le lait de chamelle la quantité absolue de terres est de très peu inférieure à celle de l'acide phosphorique ; les différences sont un peu plus accusées chez l'ânesse et chez la femme : le rapport *acide phosphorique terres* est ici de 1,25 ; ce rapport est de 1,3 dans le lait de vache et dans celui de chèvre.

Mais il est des cas où sous influence du régime, les quantités absolues d'acide phosphorique et de chaux deviennent égales chez la chèvre ; nous avons nettement observé ce fait sur une chèvre béarnaise allant au bois, le jour, dans la montagne, et recevant matin et soir une bonne ration de regain d'altitude.

En somme, quoique l'acide phosphorique et les terres puissent varier en sens inverse, on peut admettre d'une manière générale que les laits les plus phosphatés sont aussi les plus terreux, si on veut les plus calciques, pour ne tenir compte que de la base alcalino-terreuse la plus importante.

b) *Pendant une période de lactation.* — Comme nous ne connaissons pas la quantité d'acide phosphorique qui, dans le lait, est combinée à la chaux ; comme nous ne sommes pas absolument certain que le phosphate de chaux contenu dans ce liquide soit du phosphate bicalcique, ainsi que la réaction à l'orangé semble l'indiquer, nous représentons dans la *figure 11* le rapport des quantités absolues.

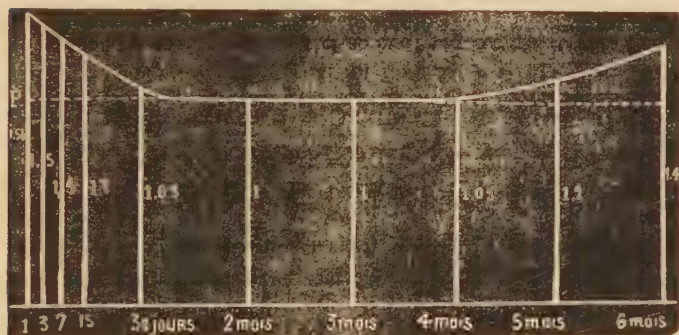


FIG. 11.

On voit qu'il y a plus d'acide phosphorique que de chaux dans le colostrum du premier jour ; le rapport des deux substances d'abord 1, 6, tend rapidement vers l'unité et l'atteint au moins vers la fin du premier mois ; il reste aussi pendant deux ou trois mois ; puis l'acide phosphorique domine de nouveau la chaux et le rapport de ces deux corps devient 1,4 vers la fin de la lactation.

3° Acide sulfurique.

S'il était vrai, comme le veut Béchamp, que la caséine soit un corps sulfuré, on trouverait tou-

jours des sulfates dans les cendres du lait ; or, ces sels n'existent pas à aucune époque de la lactation et quel que soit le régime chez un certain nombre d'espèces ; et dans les espèces rares où ils forment une portion non négligeable des cendres du lait, ils disparaissent à un moment de la lactation pour ne reparaitre que sous l'influence de certains aliments.

Nous avons constaté la présence des sulfates dans les cendres du lait de chèvre et dans celle du lait de vache, mais d'une façon inconstante. Chez la chèvre dont nous avons suivi la sécrétion mammaire pendant une période de lactation, l'acide sulfurique a disparu vers la fin du premier mois pour ne plus reparaitre ; sa quantité moyenne dans le colostrum était de 0 gr. 17 par litre : sa disparition nous a paru assez brusque.

Chez une genisse cotentine nourrie de marc de pommes, de son, betteraves, tourteaux, etc., les cendres du lait ne contenaient pas de sulfates ; après quatre ou cinq jours d'alimentation par le foin de prairie elles en présentent une quantité manifeste.

Que conclure de là, sinon qu'il existe dans le jeune lait de chèvre et peut-être d'autres jeunes laits, un principe immédiat, probablement une matière albuminoïde contenant du soufre ; que ce principe disparaît un certain temps après la mise bas chez la chèvre ; qu'il peut apparaître chez la vache soumise à un régime particulier, celui du foin de prairie par exemple.

En tout cas l'acide sulfurique, lorsqu'il existe,

ne forme guère que la centième partie des cendres ;
et les bases qu'il peut saturer sont peu de chose
comparativement à celles qui s'allient au chlore
ou à l'acide phosphorique.

ÉLÉMENTS MINÉRAUX JOUANT LE RÔLE DE BASE.

Sous ce titre nous étudierons successivement la chaux et la magnésie, la potasse, la soude et le fer.

1^o *Chaux*. — C'est la base dont le rôle est le plus évident et aussi le plus connu ; il faut même reconnaître qu'elle a absorbé un peu trop exclusivement l'attention des physiologistes ; la potasse et la soude méritent aussi qu'on s'occupe d'elles : quant au fer, quoiqu'il n'existe qu'en petite proportion dans le lait, ce n'est pas non plus un élément négligeable.

A. -- *Chaux dans le lait des diverses espèces.*

La figure 12 représente les quantités absolues de

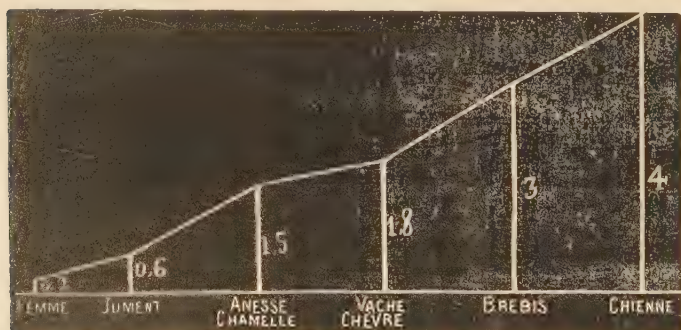


FIG. 12.

Poids de chaux, par litre de lait, chez diverses espèces.

chaux contenues dans les laits de femme, de jument, de chamelle et d'ânesse, de vache et de

chèvre, de brebis et de chienne. On voit que les différences sont encore plus grandes que pour l'acide phosphorique ; dans les deux termes extrêmes, femme et chienne, les quantités de chaux sont dans le rapport de 1 à 20.

Autant et plus encore que pour l'acide phosphorique, la teneur du lait en chaux est en rapport avec les besoins des jeunes êtres relativement à cette substance telle qu'elle existe dans le lait ; très faible dans le lait de femme qui est destiné à un être dont le développement est très-lent ; faible dans le lait de jument destiné à un être dont la croissance se fait surtout aux dépens des aliments solides, elle s'élève rapidement dans les laits d'ânesse et de chamelle qui doivent suffire à la formation des os de l'ânon et du jeune chameau ; elle est naturellement un peu plus grande dans les laits de vache et de chèvre ; l'ascension est brusque de la chèvre à la brebis, beaucoup plus précoce ; elle atteint enfin son maximum dans le lait de chienne qui, en très petite quantité, permet un développement extrêmement rapide des jeunes chiens.

Nous avons parlé plus haut des relations de la chaux et de l'acide phosphorique : inutile d'y revenir dans ce chapitre.

B. — *Chaux dans le lait des diverses races.*

D'une manière générale et pour des raisons déjà exposées, le lait des petites races est plus calcaïque que celui des grandes : ainsi le lait de la chèvre naine contient en moyenne 0 gr. 7 de chaux

de plus que le lait de chèvre ordinaire ; celui des races perfectionnées, par conséquent précoces, est plus calcaïque que celui des races grossières qui sont plus vigoureuses que les précédentes à la naissance, et s'accroissent plus lentement.

C. — *Chaux dans le lait du même individu.*
Influence de l'âge.

Les femelles en voie de développement produisent un lait relativement pauvre en chaux ; ce n'est pas seulement à cause de la déviation vers les os d'une partie de la chaux fournie par les aliments, mais encore à cause du type nutritif particulier à cette période de la vie. La *grossesse* ne paraît agir sensiblement que lorsqu'elle est très avancée ; chez la vache pleine, par exemple, la teneur du lait en chaux n'augmente guère qu'à partir du cinquième ou sixième mois.

Influence du régime. — Par l'alimentation on obtient des écarts d'un demi-gramme environ dans les quantités de chaux contenues dans un litre de lait. Ainsi, chez la vache, les regains de luzerne, le son et la betterave produisent un lait plus calcaïque que le foin de prairie, le foin de trèfle, les drèches et les feuilles de chêne ; chez la chèvre aussi le régime du sec donne un lait moins calcaïque que le régime du vert (pour un même aliment) ; parmi les fourrages frutescents, les jeunes pousses d'aubépine sont celles qui nous ont fourni le lait le plus pauvre en chaux (1 gr. 3 par litre environ).

Age de la sécrétion mammaire. — Nous avons

suivi, chez la chèvre, les variations de la chaux du lait pendant une période de lactation ; ces variations sont représentées dans la *figure 13*.

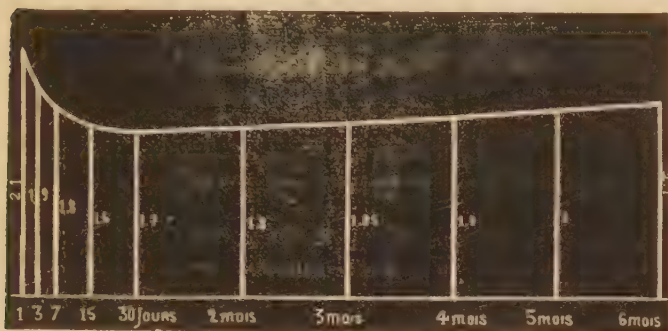


FIG. 13.

Poids de la chaux, par litre de lait, aux diverses périodes de la lactation (chèvre).

Elles ne sont pas énormes, en somme ; elles sont moins accentuées que celles de l'acide phosphorique. Comme pour les autres éléments minéraux, on peut distinguer trois phases dans une période de lactation : une phase colostrale dans laquelle la diminution de la chaux est rapide ; une phase moyenne qu'on pourrait appeler celle du lait normal, et dans laquelle la quantité absolue de cette base varie peu ; enfin une phase finale ou du vieux lait pendant laquelle la chaux remonte peu à peu et finit par atteindre son niveau primitif.

Nous avons déjà signalé, comme un fait très important, le rapport de l'acide phosphorique et de la chaux aux diverses phases de la lactation, et les déductions qu'on peut en tirer au point de vue de l'état probable de ces deux éléments minéraux.

Age du lait relativement au moment où il a été sécrété. — Par son séjour prolongé dans la

mamelle le lait s'enrichit en chaux ; comme d'autre part, il s'appauvrit un peu en acide phosphorique, le rapport de cet acide et de la précédente base n'est pas le même dans un lait récemment secrété et dans celui qui a séjourné quelques heures dans son réservoir naturel.

Il n'est pas le même non plus au début et à la fin de la traite ; dans une détermination faite sur la vache, l'acide phosphorique était à la chaux dans le rapport de 21 à 17 au début de la traite, et dans le rapport de 24 à 12 à la fin de la traite.

C. — *Chaux de la crème et du lait sûr dans l'écémage spontané.*

La crème qui monte spontanément à la surface du lait contient moitié moins de chaux que le lait lui-même ; ainsi que nous l'avons vu l'acide phosphorique y est aussi en quantité moindre ; mais l'abaissement du taux de chaux est proportionnellement plus grand que celui de l'acide phosphorique, de sorte que ces deux corps qui étaient, dans le lait, dans le rapport de 22 d'acide phosphorique à 17 de chaux, sont dans le rapport de 24 à 12 dans la crème : ces chiffres viendront à l'appui d'une hypothèse sur la constitution minérale de la crème que nous exposons plus loin.

D. — *Chaux du petit-lait et du fromage.*

Dans le lactosérum expulsé par le fromage dans les douze premières heures qui suivent la coagu-

lation, la quantité de chaux est à peine de 0 gr. 2 à 0 gr. 3 par litre ; le fromage, au contraire, est très calcique : il contient 1 gr. 6 à 1 gr. 8 de chaux par litre. Le rapport de l'acide phosphorique et de la chaux est sensiblement le même dans le fromage et le lactosérum.

Il faut distinguer le lait coagulé au sortir de la mamelle de celui qui a été soumis à l'action de la présure quelques heures après la milsion ; le lactosérum fourni par ce dernier est plus riche en chaux ; il est plus riche aussi, nous l'avons déjà vu, en acide phosphorique.

Le lactosérum du lait de vache est toujours plus riche en chaux et acide phosphorique que le lactosérum du lait de chèvre ; le rapport est de 3 à 2 pour des lactosérum provenant de lait de vache et de chèvre dont la teneur en phosphore et terres est sensiblement la même. D'après M. Duclaux cette différence provient de ce que le premier lait est plus riche que le second en phosphate de chaux dissous, tandis que le second est plus riche que le premier en phosphate de chaux suspendu. Nous croyons qu'il faut tenir compte aussi de l'acidité, toujours plus prononcée dans le lait de vache, et favorisant la dissolution dans le petit-lait du phosphate de chaux contenu dans le fromage.

2^e Magnésie.

La magnésie existe en assez faible quantité dans le lait ; elle peut jouer, malgré cela, un rôle très

important, et ne pas être remplaçable par la chaux avec laquelle on la confond trop souvent. Néanmoins nous insisterons peu sur cette base dont l'histoire se confond presque avec celle de la chaux que nous venons d'exposer assez complètement.

D'abord, *chez les diverses espèces*, la quantité de magnésie contenue dans le lait est habituellement en rapport avec la quantité de chaux ; elle est de 0,02 par litre chez la femme, de 0,03 chez la jument ; de 0,2 chez la chèvre et la vache, de 0,35 chez la brebis ; le lait de chamelle pourrait être considéré à la rigueur comme faisant exception à cette règle : il est, relativement aux précédents, plus magnésien que calcique.

Chez les *diverses races*, chez un *même individu* considéré dans des conditions d'âge, d'hygiène et d'alimentation très variées, on observe encore une relation étroite entre la chaux et la magnésie ; ainsi le colostrum du premier jour, qui est très calcique, est aussi plus riche en magnésie que le lait de la période moyenne de la lactation ; ainsi le lait de vache produit sous l'influence de l'alimentation par la drèche de maïs, est pauvre à la fois en ces deux bases alcalino-terreuses, etc.

Un fait curieux à signaler ici est la quantité extrêmement faible pour ne pas dire nulle de magnésie dans la crème centrifugée ; il semble indiquer que cette terre n'est pas engagée dans des combinaisons analogues à la chaux, ou tout au moins que les sels magnésiens et calciques se séparent lorsque le lait qui les contient est soumis à un mouvement de rotation très rapide.

3° Potasse.

Nous devons reconnaître que, de tous les éléments minéraux du lait, la potasse est certainement celui dont la signification physiologique nous échappe le plus ; nous ne pouvons établir, *a priori*, ni la raison des quantités absolues qui existent dans les divers laits, ni la raison des variations que cette substance peut subir sous l'influence du climat, du régime, etc.

A. — La potasse dans les laits des diverses espèces.

Ainsi qu'on peut s'en convaincre par l'examen de la *figure 14*, les quantités absolues de potasse contenues dans les laits des diverses espèces

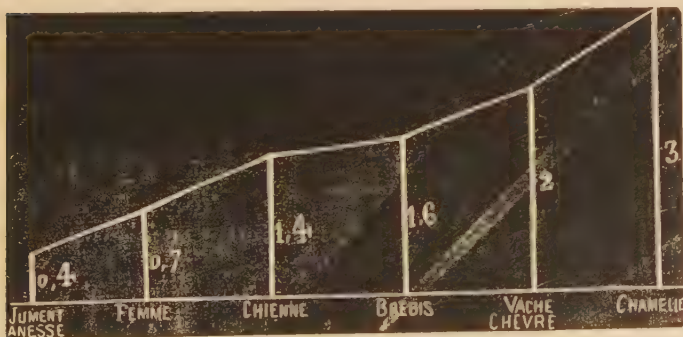


FIG. 14.

Poids de potasse, par litre de lait, chez diverses espèces.

varient notablement ; entre les laits d'ânesse et de jument, et celui de chamelle il existe, sous ce rapport, des différences considérables.

Coudereau croyait que la teneur d'un lait en potasse donnait la mesure de la valeur nutritive de ce liquide ; s'il en était ainsi, cette base serait plus abondante dans les laits de vache et de chèvre que dans celui de chamelle, dans le lait de brebis que dans celui de chèvre ou de vache ; dans le lait de chienne que dans celui de brebis. Au contraire, il semble que la quantité de potasse diminue, chez les espèces précédentes, à mesure que le lait devient plus apte à suffire, à lui seul, au développement rapide des jeunes êtres : nous verrons qu'il en est sensiblement de même de la soude.

B. — *La potasse dans le lait des diverses races.*

La richesse en potasse du lait de la chèvre nubienne (près de 3 gr. par litre) est un des faits les plus intéressants que nous ayons constatés dans cette étude ; il est à rapprocher de la teneur tout aussi élevée du lait de chamelle en cette substance : ainsi que nous l'avons déjà dit, ces deux femelles se nourrissant habituellement de végétaux très ligneux, très secs, dans un pays où l'eau est rare, il semble que le lait doit être longtemps, pour les jeunes êtres, un complément de l'alimentation solide, une boisson si l'on veut.

C. — *La potasse dans le lait du même individu.*

1^o *Age*. — Le lait des bêtes jeunes, en pleine croissance, est habituellement moins potassique que celui des bêtes adultes ; le cas le plus remarquable que nous ayons constaté est celui d'une chevrette béarnaise nourrie dans la montagne : le lait contenait seulement 1 gramme de potasse par litre.

2^o *Grossesse*. — La teneur en potasse du lait de vache baisse notablement à la fin de la grossesse ; nous l'avons observé avec une grande évidence sur une genisse cotentine dont le lait ne renfermait plus que 1 gr. 3 centigrammes (par litre) vers le sixième mois de la grossesse.

3^o *Régime*. — Les aliments très nourrissants comme le bon foin d'altitude, le pain, le lierre, etc., favorisent la prédominance de la potasse sur la soude ; chez la chèvre, l'aliment qui a fourni le lait le plus potassique est la carotte rouge.

4^o *Age de la sécrétion mammaire*. — La quantité de potasse contenue dans le lait varie peu pendant une période de lactation, si nous en jugeons d'après les observations que nous avons faites sur la chèvre ; ce n'est que lorsque l'activité de la mamelle touche à sa fin, que la potasse diminue un peu pour faire place à la soude dont l'augmentation est, au contraire, très manifeste.

5^o *Age du lait relativement au moment où il a été sécrété*. — Le séjour plus ou moins pro-

longé du lait dans la mamelle agit peu ici ; cependant, il semble que le lait du début de la traite est un peu plus potassique que celui de la fin.

D. — *Potasse de la crème et du lait sûr dans l'écémage spontané.*

Il y a moins de potasse dans la crème que dans le lait doux, *a fortiori*, y en a-t-il moins que dans le lait sûr : la quantité moyenne était de 1 gramme à 1 gr. 2 dans diverses déterminations.

E. — *Potasse dans la crème et le lait écémé lors de l'écémage centrifuge.*

La crème obtenue par le turbinage du lait est plus pauvre en potasse que la crème spontanée ; elle en contient à peine 0 gr. 8 par litre : ce fait est à rapprocher de la diminution de la soude dont nous parlerons dans le paragraphe suivant.

F. — *Potasse du fromage et du petit-lait.*

Le fromage retient plus de potasse que de soude, pour le lait de vache : ces deux substances y sont dans le rapport de 6 à 1, tandis qu'elles existent dans le rapport de 3/1 dans le lactosérum.

Il n'y a pas de différence bien sensible entre le fromage et le lactosérum d'un lait caillé au sortir de la mamelle, et ceux d'un lait qui n'a été soumis à l'action de la présure qu'un certain temps après la traite.

4° Soude.

La signification physiologique de la soude du lait n'est pas plus facile à saisir que celle de la potasse ; ce qui nous semble indiscutable c'est que ces deux métaux alcalins ont un rôle tout à fait différent.

A. — Soude des divers laits.

S'il est des laits dans lesquels la quantité de soude est extrêmement faible et a pu être, à tort cependant, négligée, il en est d'autres, au contraire, où elle prédomine sur toutes les autres bases : la *figure 15* témoigne nettement de l'importance assez variable de la soude dans les laits des principales espèces.

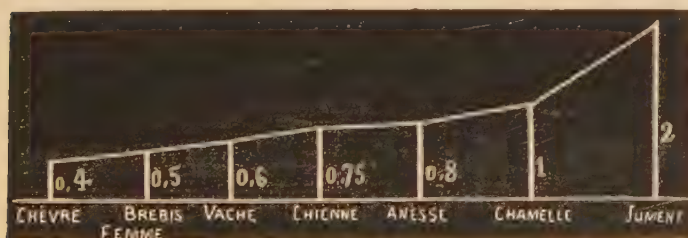


FIG. 15.

Poids de soude, par litre de lait, chez diverses espèces.

Le lait de jument est, de beaucoup, le plus sodique ; vient ensuite le lait de chamelle qui en contient moitié moins environ que le précédent : les différences entre les autres laits sont moins grandes.

B. — *Soude du lait des diverses races.*

La soude est un élément trop difficile à doser pour qu'on puisse être très affirmatif lorsque ses variations sont assez faibles ; il semble cependant que le lait des races bovines rustiques, peu précoces, médiocres laitières, est plus sodique que celui des races fines, précoces, grandes laitières ; les différences de même ordre existeraient entre les diverses races de chèvres : ainsi la chèvre bérarnaise donnerait un lait plus riche en soude que la chèvre d'Auvergne et à plus forte raison que la chèvre dite bourgeoise dont on connaît la précocité et le peu de résistance.

C. — *Soude du lait d'un même individu.*

1^o *Age.* — L'influence de l'âge paraît varier avec l'alimentation ; c'est pourquoi nous n'en dirons rien ici.

2^o *Grossesse.* — Nous avons suivi les variations de la soude pendant la grossesse chez la vache ; cet élément augmente légèrement vers le cinquième et sixième mois ; mais ce n'est qu'au moment où la sécrétion, près de finir, reprend la physionomie de la période colostrale, que cette augmentation est très manifeste : la quantité de soude peut s'élever alors au-dessus de 4 gramme par litre de lait.

3^o *Régime.* — L'alimentation a une influence

non douteuse sur la teneur du lait en soude ; chez la vache et chez la chèvre le régime du sec produit un lait plus sodique que le régime du vert ; chez la chèvre, le régime des brindilles donne un lait remarquablement sodique ; par contre les aliments très nourrissants comme le lierre, le pain, etc., produisent un lait dont la teneur en soude est à peine de 0,3 par litre.

C'est ici le moment de parler d'un lait de chèvre d'une composition minérale extraordinaire que nous avons eu l'occasion d'observer lors de nos recherches sur le lait de la région pyrénéenne. Ce lait, dont nous donnons plus loin l'analyse complète, contenait environ 2 grammes de soude par litre, c'est-à-dire cinq à six fois plus que le lait de chèvre ordinaire. Nous avons cherché vainement, dans la composition chimique du sol, des eaux et des plantes, les raisons de cette composition ; les nombreuses analyses que nous avons faites nous ont montré que, contrairement à ce qu'on pense habituellement et à ce que nous admettions *a priori*, des fourrages très pauvres en soude comme les branches d'arbres peuvent donner un lait plus sodique que des fourrages très chlorurés sodiques comme certains regains de prairie naturelle.

Ici, l'influence des branches d'arbres se combinait sans doute à d'autres influences parmi lesquelles le développement rapide de la chevrette doit être considérée comme la plus importante.

2° *Age de la sécrétion mammaire.* — Les variations que nous avons constatées dans la teneur du lait en soude pendant une période de lac-

tation, chez la chèvre, sont trop faibles pour que nous puissions en indiquer exactement le sens ; cependant nous avons nettement observé une augmentation sensible du taux de soude vers la fin de la lactation. Il en serait de même chez l'ânesse si nous en jugeons par un petit nombre d'analyses : la quantité de soude contenue dans le lait atteint facilement 1 gramme par litre chez des ânesses qui ont mis bas depuis 10 mois ou 1 an.

5° *Age du lait relativement à l'instant où il a été sécrété.* — Le séjour plus ou moins prolongé du lait dans la mamelle modifie peu sa teneur en métaux alcalins ; de même le lait du début et de la fin de la traite diffèrent peu sous ce rapport : il semble cependant que le premier soit un peu plus riche que le second en potasse et en soude.

D. — *Soude de la crème et du lait sûr dans l'écrémage spontané.*

La crème qui s'isole spontanément en 24 heures et à la température de 20° environ, contient autant de soude que le lait dont elle provient ; or, nous avons vu que cette crème est moins minéralisée que le lait lui-même (le poids de cendres est habituellement de 4 grammes par litre) : relativement à la potasse et plus encore à la chaux, la soude existe donc en forte proportion dans la crème.

Quant au lait sûr, il est naturellement un peu moins sodique que le lait doux qui l'a fourni.

E. — *Soude de la crème et du lait écrémé lors de l'écrémage centrifuge.*

La crème obtenue par les turbines est remarquablement pauvre en soude ; elle diffère essentiellement, sous ce rapport, de la crème séparée spontanément.

En somme la crème centrifugée, d'une teneur assez élevée en chlore et en acide phosphorique, pauvre en chaux et en potasse, très pauvre en soude, contient précisément autant d'équivalents d'acides que d'équivalents de bases : on ne peut donc admettre, comme l'ont fait un grand nombre d'auteurs, que l'acide phosphorique est engagé dans des combinaisons bi ou tricalciques.

D'après M. Sorel, l'hypothèse la plus simple qu'il convient de faire pour expliquer cette composition des cendres de la crème turbinée, consiste à admettre qu'il existe, dans le lait, un dérivé chloré d'un éther phosphorique jouant le rôle d'un acide bibasique : c'est là un point fort intéressant de l'histoire minérale du lait que nous proposons de reprendre ultérieurement.

5° Fer.

Le fer existe en trop petite quantité dans le lait pour qu'il soit possible de déterminer ses variations suivant la race, l'âge, l'alimentation, etc. ; tout au plus peut-on établir des différences à ce

point de vue entre les diverses espèces. Comme nous nous proposons surtout, dans ce travail, l'étude des variations de la matière minérale, nous n'avons dosé le fer qu'exceptionnellement, pour vérifier en quelque sorte l'exactitude de la méthode de dosage que nous avons signalée au début.

Nous avons remarqué cependant que la quantité de fer contenue dans le lait était plus considérable que celle qui a été signalée par M. Bunge ; très probablement, et pour les raisons déjà indiquées, la méthode suivie par cet auteur ne lui permettait pas de faire un dosage très exact : les pertes étaient inévitables.

Quoiqu'il en soit, dans le lait de vache normande de très bonne qualité, la quantité de fers, considéré sous la forme de sesquioxyde, était de 0 gr. 014 par litre ; dans le lait de chèvre la proportion de fer est un peu plus élevée : elle atteint facilement 0 gr. 15 et 0 gr. 16 par litre.

IV

En terminant nous donnerons un certain nombre d'analyses de lait, en particulier celles qui nous paraissent éclairer le plus les considérations générales que nous venons de présenter ; nous rangerons les diverses espèces d'après la minéralisation croissante de leur lait ; tous les chiffres se rapporteront à un litre de ce liquide.

1° *Femme.*

a) Lait d'une femme adulte, accouchée depuis 12 jours.

Chlore.....	0 gr. 5
Acide phosphorique.....	0 gr. 34
Chaux	0 gr. 25
Magnésie	0 gr. 03
Potasse.....	0 gr. 8
Soude	0 gr. 6

b) Lait d'une femme jeune, accouchée depuis 10 mois.

Chlore.....	0 gr. 4
Acide phosphorique.....	0 gr. 2
Chaux	0 gr. 2
Magnésie	0 gr. 02
Potasse.....	0 gr. 5
Soude	0 gr. 4

2^o *Anesse.*

a) Lait d'une ânesse ayant mis bas depuis 20 jours et nourrie presque exclusivement de fleurain de luzerne.

Chlore.....	0 gr. 2
Acide phosphorique.....	2 gr.
Chaux.....	1 gr. 8
Potasse.....	0 gr. 6
Soude.....	0 gr. 5

b) Lait d'une ânesse ayant mis bas depuis 4 mois ; même nourriture que la précédente :

Chlore.....	0 gr. 3
Acide phosphorique.....	1 gr. 2
Chaux.....	1 gr. 5
Potasse.....	0 gr. 3
Soude.....e.....	0 gr. 9

c) Lait d'une ânesse ayant mis bas depuis un an : même nourriture que précédemment :

Chlore.....	0 gr. 2
Acide phosphorique.....	0 gr. 9
Chaux.....	0 gr. 8
Potasse.....	0 gr. 5
Soude.....	1 gr.

3^o *Jument.*

a) Les laits de juments poulinières que nous avons analysés se ressemblent assez pour que nous puissions nous contenter de donner une seule analyse.

Lait d'une jument percheronne âgée de 8 ans, ayant mis bas depuis 2 mois ; nourriture : paille, foin, luzerne verte et avoine.

Chlore.....	3 gr.
Acide phosphorique.....	0 gr. 8
Chaux.....	0 gr. 6
Magnésie.....	0 gr. 03
Potasse.....	0 gr. 3
Soude.....	2 gr.

b) Lait d'une jument mulassière des environs de Niort, suitée d'un muleton venant à merveille.

Chlore.....	0 gr. 6
Acide phosphorique.....	1 gr. 2
Chaux.....	1 gr. 2
Magnésie.....	0 gr. 3
Potasse.....	0 gr. 7
Soude.....	0 gr. 4

4° Vache.

a) Lait d'une vache cotentine nourrie de repasse demi-fine (12 litres), de carottes coupées (20 litres), de farouch (trèfle incarnat) et de fourrage sec.

Chlore.....	1 gr. 3
Acide phosphorique.....	1 gr. 4
Chaux.....	1 gr. 2
Magnésie.....	0 gr. 2
Potasse.....	2 gr. 5
Soude.....	0 gr. 5

b) Lait d'une vache normande nourrie de son et de maïs fourrage.

Chlore.....	0 gr. 8
Acide phosphorique.....	2 gr. 3
Chaux.....	1 gr. 8
Magnésie.....	0 gr. 2
Potasse.....	2 gr.
Soude.....	0 gr. 6

c) Lait d'une vache lourdaise exclusivement nourrie de foin d'altitude.

Chlore.....	0 gr. 6
Acide phosphorique.....	1 gr. 5
Chaux.....	1 gr. 2

d) Lait d'une vache normande nourrie de son, luzerne, trèfle et paille d'avoine.

Chlore.....	0 gr. 9
Acide phosphorique.....	2 gr. 5
Chaux.....	2 gr.
Potasse.....	2 gr.
Soude.....	0 gr. 9

5° Chèvre.

a) Colostrum de chèvre auvergnate (1^{er} jour).

Chlore.....	0 gr. 9
Acide phosphorique.....	3 gr. 2
Acide sulfurique.....	0 gr. 2
Chaux.....	2 gr. 2
Magnésie.....	0 gr. 4
Potasse.....	1 gr. 8
Soude.....	0 gr. 5

b) Lait de la même chèvre (3^e mois) :

Chlore.....	1 gr. 5
Acide phosphorique.....	2 gr.
Chaux.....	1 gr. 9
Potasse.....	1 gr. 9
Soude.....	0 gr. 5

c) Lait de la même chèvre (6^e mois).

Chlore.....	1 gr.
Acide phosphorique..	2 gr. 8
Chaux.....	2 gr.
Magnésie.....	0 gr. 3
Potasse.....	2 gr.
Soude.....	0 gr. 7

d) Lait de chevrette de Bedous, nourrie au bois et recevant un peu de regain d'altitude matin et soir (juin).

Chlore.....	2 gr. 5
Acide phosphorique.....	1 gr. 3
Chaux.....	1 gr.
Potasse.....	1 gr. 2
Soude.....	2 gr.

e) Lait d'une jeune chèvre nourrie de pousses d'aubépine (lait d'un goût très agréable, engendrant, par la présure, un très petit fromage).

Chlore.....	1 gr. 2
Acide phosphorique.....	1 gr. 8
Chaux.....	1 gr. 4
Potasse.....	2 gr.
Soude.....	0 gr. 5

d) Lait d'une chèvre bourgeoise nourrie de carottes rouges, de trainasse (polygonum aviculare) et de son.

Chlore.....	1 gr. 5
Acide phosphorique.....	3 gr.
Chaux.....	2 gr.
Potasse.....	2 gr. 6
Soude.....	0 gr. 4

e) Lait de chèvre nubienne :

Chlore.....	2 gr.
Acide phosphorique.....	2 gr. 2
Chaux.....	2 gr.
Potasse.....	3 gr.
Soude.....	0 gr. 5

f) Lait de chèvre naine de Guinée.

Chlore.....	1 gr.
Acide phosphorique.....	3 gr. 2
Chaux.....	2 gr. 7
Potasse.....	1 gr. 3
Soude.....	0 gr. 5

Lactosérum de vache.

Chlore.....	0 gr. 9
Acide phosphorique.....	1 gr. 2
Chaux.....	1 gr. 4
Potasse.....	1 gr. 5
Soude.....	0 gr. 8

Lactosérum de chèvre.

Chlore.....	2 gr.
Acide phosphorique.....	0 gr. 9
Chaux.....	0 gr. 5
Potasse.....	2 gr. 4
Soude.....	0 gr. 5

Crème obtenue par les turbines épuisant à 10 pour 100.

Chlore.....	1 gr.
Acide phosphorique.....	1 gr. 2
Chaux.....	0 gr. 7
Magnésie.....	traces
Potasse.....	0 gr. 8
Soude.....	0 gr. 2

6° *Lait de chamelle.*

Lait pris à Biskra sur une femelle de dromadaire.

Chlore.....	3 gr.
Acide phosphorique.....	1 gr. 5
Chaux.....	1 gr. 7
Potasse.....	3 gr.
Soude.....	1 gr.

7° *Lait de brebis.*

Lait d'une brebis vivant dans les Causses du Gard.

Chlore.....	0 gr. 9
Acide phosphorique.....	3 gr. 7
Chaux.....	3 gr.
Magnésie.....	0 gr. 4
Potasse.....	1 gr. 6
Soude.....	0 gr. 6

8° *Lait de chienne.*

Les divers laits de chienne que nous avons analysés se ressemblaient beaucoup au point de vue de leur constitution minérale ; aussi ne donnerons-nous qu'une seule de nos analyses.

Chienne de taille moyenne, âgée de 4 ans, ayant mis bas depuis 4 semaines environ, nourrie surtout de viande (petite quantité de pain).

Les cendres du lait produit par cette chienne sont légèrement grisâtres ; sans être très charbonneuses, elles sont moins blanches que les cendres

du lait de vache ou du lait de chèvre ; leur poids est d'environ 12 grammes par litre.

Un litre de lait contient :

Chlore.....	1 gr. 4
Acide phosphorique.....	4 gr. 2
Chaux.....	4 gr.
Potasse.....	1 gr. 4
Soude.....	0 gr. 75

Le soufre faisait complètement défaut dans ce lait ; les autres éléments (fer, magnésie, etc.), n'ont pas été dosés.

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

BOTANIQUE

Les sucres chez les végétaux.

GÉOLOGIE

Origine et répartition stratigraphique des principaux gisements de phosphates de chaux jurassiques, crétacés et tertiaires.

VU ET APPROUVÉ :

Paris, le 30 mai 1894.

Le Doyen de la Faculté des sciences,

G. DARBOUX.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Paris, le 30 mai 1894.

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,

GRÉARD.



Paris. — Imprimerie de la Faculté de médecine, H. Jouve, 15, rue Racine.

